

Radiový KONSTRUKTÉR Svazarmu

Plánky a návody Amatérského radia



ROČNÍK II • 1956 • ČÍSLO 9

BYL BY TO KRÁSNÝ DÁREK

píší Kamil Obrtel, Ludvík Mařák a Jan Karč z Poruby u Ostravy; „již delší dobu se zabýváme radiotechnikou. Postavili jsme již několik přístrojů. Nyní bychom chtěli sestrojit nějaký složitější. Rozhodli jsme se ke stavbě krátkovlnné vysílačky, která by vysílala do okruhu 15 km. Až bude postavena, chceme ji darovat škole. Vyšší ročníky, do nichž chodíme i my, mají již předvojenskou výchovu. V ní chodí na branná cvičení, na nichž se připravují na budoucí vojenskou službu. Byl by to krásný dárek, jak pro učitele, tak pro žáky...“

Ovšem, chlapci, takhle jednoduše to nejde. Z Vašeho dopisu je vidět, že máte hodně chuti, ale zřejmě Vám ještě nikdo neřekl, jak to s vysíláním vlastně je. Kdybyste si tak v hodinách předvojenské výchovy mohli prohlédnout nějakou tu radio-stanici, kdyby Vám tak někdo vysvětlil, jak se s ní pracuje, že je k tomu třeba povolení a že se můžete i Vy dostat ke klíči nebo mikrofonu, nebyl by to i pro Vás krásný dárek? A vidíte, takový dárek by svazarmovské radioamatéry stál jen trochu času. Jenže, chlapci, musíme se Vám upřímně vyznat, že jsme na Vás nějak pozapomněli. Dokud byly na osmiletkách a jedenáctiletkách základní organizace Svazarmu, věno-

vali jsme pozornost i školám, ale od loňska, kdy bylo správně rozhodnuto, že žáci nemají být odváděni od své hlavní práce přemírou organizovanosti, jsme na mládež ve školách zapomněli. Jako by zájem mládeže o radiotechniku závisel jen na tom, zda je možno založit základní organizaci nebo ne. Jako bychom čekali, že učitel je vševěd a vyzná se stejně dobře v biologii jako v elektrikařině. Jako kdyby k nám chodili jen staří zkušení mistři a nebylo třeba pamatovat na dorost, neboť jedna generace odchází a druhá ji musí nahradit. Jako kdybychom mezi sebou neměli dost tatíků, ochotných navštívit školu, (však beztoho tam chodí syn nebo dcerka) a nabídnout učitelům svoji pomoc při polytechnické výchově. Zkrátka a dobře, zvykli jsme si na organizační příkazy, oběžníky a pokyny a protože v nich o školách nic není, neinformovali jsme školní mládež, že v kterékoliv organizační jednotce Svazarmu jí rádi poradí zkušenější radioamatéři. Kamile, Ludvo, Jendo a tisíce ostatních, nezlobte se proto už na nás! Jsme také žáci; chceme se učit, jak se přibližovat mládeži, chceme se učit iniciativě bez fermanů, chceme se naučit získávat pro radostnou práci každého, v němž je jiskřička zájmu!

PRÁCE S OSCILOSKOPEM

Vladislav Koudela

Za námi jsou již ty doby, kdy osciloskop byl pouze v specialisovaných laboratořích a dílnách, a kdy „obyčejný“ amatér mnohdy ani nevěděl, že nějaký takový přístroj vůbec existuje. Dnes je však tomu již jinak. O svou popularitu se postaral jednak osciloskop sám svou vlastností znázorňovat jevy, jež jinak byly pouze věci představivosti, jednak ji získal četnými více méně složitými konstrukcemi a popisy s návody k použití.

A skutečně, osciloskop tím, že umožňuje různá měření a zkoušení, jež jinými způsoby byla zdlouhavá a mnohdy ještě nepřesná, došel obliby a širokého uplatnění v řadách radiotechnických pracovníků.

V dalším budou nejdříve popsána běžná měření z radiotechnické praxe, dále přehled vlastností, jež má dobrý osciloskop vykazovat a způsob jak se o jeho vlastnostech přesvědčíme a nakonec bude podán návrh na stavbu jednoduchého osciloskopu. Je však pochopitelné, že následující řádky nemohou zdaleka vyčerpat všechny druhy známých měření a zkoušení, neboť problematika osciloskopického měření je dosti široká. Vážným zájemcům o tento obor se pak doporučuje četná naše i zahraniční literatura (jako je na př. kniha Dr Forejta: Oscilograf v theorii a praxi, K. Donáta: Elektronický osciloskop, M. Nadlera: Elektronkový oscilograf, I. Miškovského: Obrazové elektronky pro oscilografy a televizi, J. Czech-a: Der Elektronenstrahl-Oszillograf a jiné další publikace).

Měření velkých odporů

Pro měření velkých odporů, kde již obyčejně nestačí ohmmetr se svým obvyklým rozsahem, se hodí velmi dobře osciloskop pro svůj velký vstupní odpor. Měření je zcela jednoduché a snadné a lze jím měřit nejen odpory do desítek megaohmů, ale i isolační odpory kondensátorů až do tisíců megaohmů. Způsob

měření je patrný z obrázku 1. Zdroj napětí asi 100 V zapojíme mezi uzemněnou anodu obrazovky a měřený velký odpor X , a to kladným pólem na zem a záporným pólem přes neznámý odpor X na jednu z destiček osciloskopu, která má známý svodový odpor R . Při měření spojíme nejprve hledaný odpor X nakrátko, čímž dostaneme na stínítku obrazovky výchylku určité délky A . Při rozpojení zkratu se délka výchylky zmenší o určitou hodnotu, čímž vznikne další výchylka B . Neznámý odpor pak vypočteme dosazením hodnot A a B do vzorce:

$$X = \frac{A - B}{B} \cdot R,$$

kde R je známý svodový odpor destičky osciloskopu,

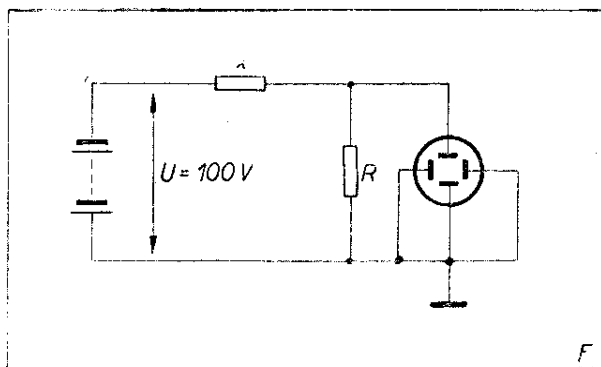
A je výchylka při spojení nakrátko,

B je výchylka při rozpojení zkratu.

Bude-li známý svodový odpor destičky 2 megaohmy, výchylka A 30 mm a výchylka B 10 mm, bude velikost neznámého odporu:

$$X = \frac{30 - 10}{10} \cdot 2 = 4 \text{ megaohmy.}$$

Pro měření isolačních odporů kondensátorů je použitých 100 V málo. Zvláště u jakostnějších kondensátorů by



Obr. 1.

výchylka byla jen několik desetin mm. Proto vyvedeme napětí zdroje, napájecího obrazovku, na jednu velmi dobře izolovanou zdířku. Napětí bude záporné a nutno počítat s tím, že má hodnotu kolem 600 V. (Proto je měření nutno provádět opatrně s hlediska bezpečnosti.) K měření je třeba znát citlivost destičky, které použijeme pro měření. (Můžeme použít i destičky vodorovně vychylující; ta však má u některých osciloskopů menší svodový odpor a proto se její použití nedoporučuje, i když není chybou.) Je-li citlivost použité destičky pro měření a (mm/V) a po připojení činí vzniklá výchylka b mm, bude na odporu R napětí b/a voltů. Na základě tohoto zjištění můžeme vypočítat neznámý odpor X z následujícího vztahu:

$$X = R \cdot U \cdot \frac{b}{a} - R,$$

při čemž U značí celkové napětí zdroje.

Je-li celkové napětí zdroje U rovno 1000 V, citlivost a 0,3 mm/V, svodový odpor destičky R roven 2 megaohmům a měřená výchylka b činí 6 mm, bude

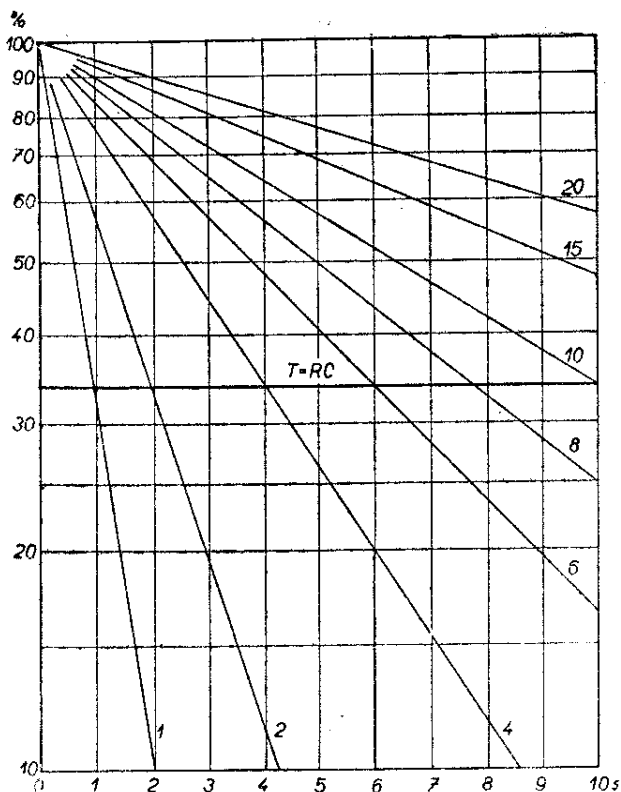
hodnota neznámého odporu (svodu):

$$X = 2 \cdot 1000 \cdot \frac{0,3}{6} - 2 = \frac{600}{6} - 2 = 100 - 2 = 98 \text{ M}\Omega.$$

Nejmenší výchylka, kterou lze tímto způsobem zjistit, je asi 1 mm. Ovšem citlivost obrazovky klesá s rostoucím napětím, takže rozsah zůstává přibližně stejný, asi 500 megaohmů; tento však stačí pro svodové odpory všech kondensátorů od 0,1 μF výše.

Svodové odpory kondensátorů nad několik set megaohmů se přímým způsobem měří velmi obtížně, neboť vyžadují velkého napětí. Při měření velkých odporů přímým způsobem můžeme zvýšit odpor mezi destičkami a zemí až na 10 M Ω . Je-li napětí zdroje asi 500 V a nejmenší výchylka asi 4 mm, což odpovídá 10 V, bude odpor na 1 V roven 1 M Ω . Z toho vyplývá, že můžeme měřit do 500 M Ω . Větší odpory pak měříme podle časové konstanty kondensátoru. Měření provádíme tak, že kondensátor nabijeme jistým záporným napětím, načež jej odpojíme od zdroje a necháme samovolně vybíjet. Po určité době, která činí někdy až 10 minut, se dotkneme přívodem vychylovací destičky obrazovky záporného pólu kondensátoru. (Kladný pól je uzemněn.) V okamžiku připojení odskočí bod na stínítku obrazovky do polohy, odpovídající napětí na kondensátoru. Tuto výchylku si okamžitě odměříme, neboť se bude rychle zmenšovat vlivem svodového odporu destičky, umožňujícího snadné vybíjení kondensátoru. Napětí, odpovídající této výchylce, vyjádříme v procentech původního napětí kondensátoru a z grafu na obr. 2 čteme pak přímo součin RC (šikmé čáry). Nejlépe je vyjadřovat odpor v megaohmech a kapacitu v mikrofaradech.

V grafu máme na svislé ose vynešena procenta, na něž po určité době (libovolné) napětí kondensátoru poklesne. Na vodorovné ose je pak vynesena čas ve vteřinách. Jelikož však mnohdy měříme značně déle (respektive čekáme, až napětí na kondensátoru poklesne o určitou část), musíme pak všechny hodnoty převést na minuty. To však



Obr. 2.

nikterak nevadí, neboť je-li doba potřebná k vybití kondensátoru několikrát větší či menší, pak i hodnota RC konstanty je tolikrát větší nebo menší. Výsledný odpor pak vyjádříme podle rovnice:

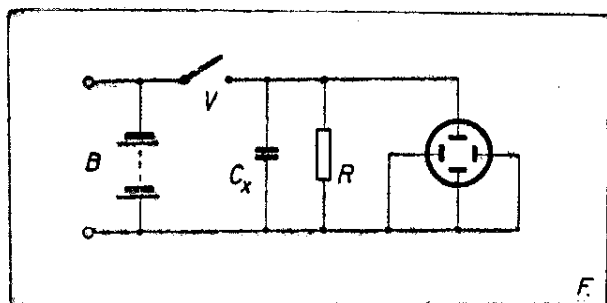
$$R = \frac{\tau}{C} [\text{M}\Omega; \text{s}, \mu\text{F}]$$

Měření kapacity kondensátorů

Pro měření kapacity kondensátorů je obdobné zapojení jako při měření odporů, popsané v předešlé kapitole, kde místo hledaného odporu zapojujeme měřený kondensátor, viz obr. 3. Z baterie o známém napětí nabíjíme měřený kondensátor C_x , jehož kapacitu chceme zjistit, a po zapojení ke svodovému odporu vychylovacích destiček sledujeme jeho vybíjení. Bod na stínítku obrazovky se posune z nulové středové polohy do polohy nové o jistou délku a v průběhu vybíjení kondensátoru se bod na stínítku opět vrací ke středu. Tím se výchylka zkracuje. Dobu jejího zkracování až na hodnotu 37 % hodnoty původní měříme časově tak, že počítáme čas ve vteřinách. (Třeba 1, 2, 3, 4, 5, 6 a půl vteřiny, kdy bod dosáhl uvedených 37 %.) Tím dostaneme ve vteřinách číslo, udávající součin z megaohmů a mikrofaraďů. Tato doba je tak zvanou časovou konstantou τ obvodu RC . Tento součin vydělíme známou hodnotou svodového odporu R a tím dostaneme hodnotu hledaného kondensátoru C_x :

$$C_x = \frac{\tau}{R} [\mu\text{F}; \text{s}, \text{M}\Omega].$$

Jako příklad můžeme použít následujících hodnot: Napětí je 100 V, výchylka je 30 mm, z toho výchylka na 37 % činí 11 mm a na tuto velikost výchylky klesne



Obr. 3.

bod za 6,5 vt. Při svodovém odporu 2 M Ω bude kapacita C_x :

$$C_x = \frac{6,5}{2} = 3,25 \mu\text{F}.$$

Měření provedeme opět záporným napětím, aby výsledek nebyl skreslován sekundárními elektrony. Použijeme-li svodového odporu destiček v hodnotě 1 M Ω , je pak počet vteřin přímo rovný kapacitě v μF .

Pro tato měření je předpokladem dobrá jakost měřeného kondensátoru, jakož i jeho vysoký svodový odpor, který se při vybíjení řadí paralelně ke svodovému odporu destičky R , čímž ovlivňuje přesnost vypočítané kapacity.

Měření ztrátového úhlu kondensátorů

Třebaže kondensátorů používáme všude tam, kde chceme mít nějakou kapacitu, tato kapacita není jeho jedinou vlastností. Tak se zařazením jakéhokoli kondensátoru do obvodu zároveň zařazujeme též i jeho další vlastnosti, jako je na př. indukčnost, svod, odpor v serií nebo paralelně a pod. Je ovšem samozřejmé, že tyto vedlejší vlastnosti kondensátoru jsou po většině nežádané. Vznikají jako důsledek nedokonalých vlastností hmoty a nikoliv ideální konstrukce. Jak se na příklad uplatňuje takový svod (vodivost)? Tak připojíme-li na kondensátor zdroj střídavého napětí U s kruhovým kmitočtem ω , bude proud, tekoucí kondensátorem, dán vzorcem:

$$I_c = U \cdot \omega \cdot C,$$

kdežto proud tekoucí odporem (svodem) je dán Ohmovým zákonem:

$$I_r = U/R.$$

Čím větší bude svod, tím větší bude i proud tekoucí odporem a protože představuje proud ztrátový, budou tím větší i ztráty. Je pochopitelné, že nás dále bude zajímat, v jakém poměru je ztrátový proud ke kapacitnímu, t. j. $I_r : I_c$. Po dosazení a vykrácení z hořejších vzorců obdržíme:

$$D = I_r/I_c = 1 : \omega \cdot C \cdot R = \text{tg}\delta,$$

kde D je t. zv. ztrátový činitel kondensátoru, δ je pak úhel mezi výslednou vodivostí a kapacitní vodivostí. Znamená tedy velikost D nebo δ jakost kondensátoru, při čemž žádáme úhel δ co nejmenší.

Pomocí osciloskopu a generátoru sinusového napětí a srovnávacího kondensátoru je možné určit ztrátový úhel kondensátorů zcela jednoduchým způsobem, jak ukazuje obr. 4. Napětí na kondensátorech $C1$ a $C2$, zapojených v serii, se přivádí z generátoru sinusového napětí G . Z kondensátorů odebíráme pak napětí jak na svislou, tak i na vodorovnou destičku obrazovky, při čemž druhé dvě zbývající destičky napájíme ze středu obou kondensátorů. S rostoucím ztrátovým úhlem kondensátoru $C1$ oproti srovnávacímu kondensátoru $C2$ se zvětšuje šířka elipsy, která vznikla na stínítku a se zmenšujícím se ztrátovým úhlem kondensátoru $C1$ oproti srovnávacímu kondensátoru $C2$ se šířka elipsy zmenšuje tak, až se promění v šikmou úsečku. Tento okamžik nastane v tom případě, jestliže jsou hodnoty ztrátových úhlů obou kondensátorů stejné. Z uvedeného tedy vyplývá, že čím rozdílnější bude ztrátový úhel obou porovnávaných kondensátorů, tím širší bude také elipsa nebo naopak. Porovnávací kondensátor $C2$ je proto nutné vybrat s co nejmenším ztrátovým úhlem, aby prováděná měření vykazovala takové hodnoty, které by zaručily přesnost a snadnost porovnání a zaručily správnost vyhodnocení měřeného kondensátoru $C1$.

Měření napětí

V předešlých kapitolách jsme používali pojmu citlivost, kterou byla vyjadřována výchylka bodu v mm na 1 V napětí, respektive potenciálního rozdílu destiček obrazovky. Tato citlivost nám totiž neříká nic jiného než to, jak velké výchylce bodu na obrazovce (z nulové polohy) odpovídá napětí přiváděné na destičky a opačně. Této vlastnosti pak používáme pro přibližné odhadování velikosti napětí – případně proudu.

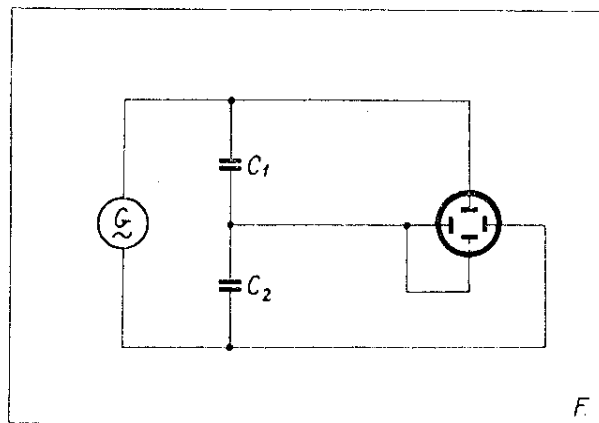
Pro měření je nutné osciloskop předeem ocejchovat napětím. Výhoda oscilo-

skopu je v tom, že ukazuje s nulou uprostřed, takže nám udává současně polaritu. U nesouměrných destiček má obrazovka v osciloskopu správnou polohu tehdy, když vychyluje kladné napětí vodorovně vpravo a svisle vzhůru, počítáno od středu obrazovky. Tato poloha napětí je obvyklá i v grafickém znázornění.

Počítáme-li pro plnou výchylku bodu na stínítku asi 100 V, je při odporu mezi destičkou a zemí 2 megaohmy odpor voltmetru 20 000 ohmů na volt, tedy dostatečně velký pro praktická radio-technická měření. Stejný odpor má osciloskop i při střídavém napětí, což je jeho velmi cenná vlastnost. To nám umožňuje měřit pomocí osciloskopu napětí i na velmi citlivých bodech, aniž bychom se obávali, že přístroj zaznamenává příliš malou hodnotu následkem vlastní spotřeby. Použijeme-li jednoduchého zesilovače se vstupním odporem na př. 3 megaohmy, můžeme získat odpor až několika megaohmů na volt (jen pro střídavá měření), a to podle citlivosti zesilovače.

Měřená hodnota, pokud jde o její přesnost, je závislá na napětí sítě, protože se jím řídí anodové napětí obrazovky, které není pravidelně ustáleno. S touto skutečností je při měření nutno počítat.

Zapojení pro toto měření je velmi jednoduché. Při měření je časová základna vypnuta a na svislé destičky se přivádí stejnosměrné napětí z měřeného zdroje. Měříme-li napětí střídavé, pak je lze přivádět přímo na zesilovač. Pro-



Obr. 4.

jeví se na stínítku obrazovky jako svislá úsečka, z jejíž délky můžeme určit velikost napětí použitím cejchovního štítku. Délka úsečky je dána nejen citlivostí, ale i polohou vstupního děliče, pakliže přivádíme měřené napětí na zesilovač. Je tedy nutné zopakovat, že stejnosměrné napětí přivádíme jen na vertikální destičky, střídavé napětí pak buď rovněž na vertikální destičky, nebo na vertikální zesilovač. Měříme-li napětí stejnosměrná, je velikost napětí dána výchylkou, kterou zaujme svítící bod od své centrální polohy.

Měření indukčnosti a činitele jakosti Q

Pomocí osciloskopu můžeme provádět i měření indukčností od 0,1 H výše, avšak ne s příliš velkou přesností. Zapojení vidíme na obr. 5. Měření provádíme tím způsobem, že se napětí známého kmitočtu přivádí přímo na destičky obrazovky, při čemž se současně členem LC posouvá fázově. Na stínítku obrazovky vznikne elipsa, ze které počítáme velikost hledané indukčnosti L_x . Prakticky postupujeme podle obr. 6, a to tak, že na stínítku odměřujeme rozměry vzniklé elipsy, které dosadíme do vzorce, z něhož vypočteme hodnotu indukčnosti:

$$L_x = 25\,330 \cdot \frac{\sqrt{b^2 - c^2}}{a \cdot f^2 \cdot C} [\text{H}],$$

při čemž hodnoty a , b , c jsou úsečky vymezené elipsou, (viz obr. 6.)

f je napájecí kmitočet v Hz a

C je kapacita kondensátoru v μF .

Aby měření odpovídalo skutečnosti, musí být kondensátor C , použitý jako

normál, velmi jakostní, a s co nejmenším svodem. Jeho kapacita musí být taková, aby výchylka byla stejná v jednom i v druhém směru a sklon elipsy byl pod úhlem 45° . Tomu lze pomoci nastavením svislé výchylky potenciometrem P . Důležité však je, abychom se přesvědčili, zda při uvedeném kmitočtu nevzniká již sama o sobě elipsa vlivem fázových posunů vlastního zesilovače osciloskopu. Pro měření používáme kmitočty od 50 Hz do 10 kHz.

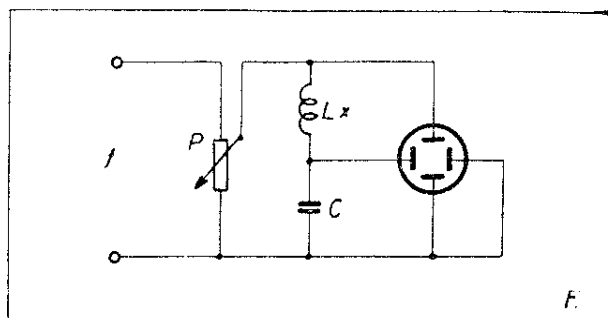
Někdy potřebujeme určit hodnotu činitele jakosti Q cívek. Pro toto určení použijeme opět úsečky elipsy, při čemž zjištěné velikosti dosadíme do následujícího vzorce:

$$Q = \frac{b - c}{c},$$

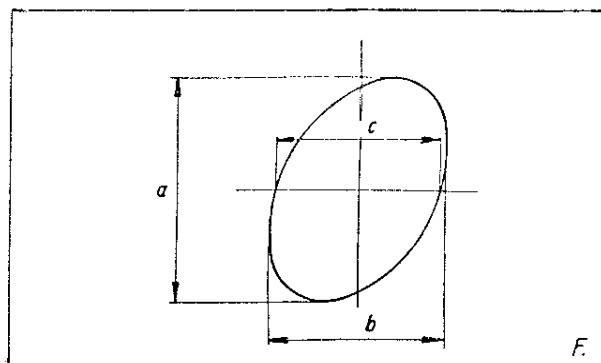
ze kterého vypočteme hledaný činitel jakosti Q , platný pro použitý kmitočet.

Měření stykových usměrňovačů

Pomocí osciloskopu můžeme provádět potřebná měření stykových usměrňovačů ať již kuproxových nebo selenových, která nám umožní velmi snadno vybrat z usměrňovacích destiček destičky dobré a vyřadit méně dobré, které znehodnocují jakost usměrňovače. Měření provádíme tak, že dotykovými hroty přírodních šňůr vertikálního zesilovače se dotýkáme jednotlivých destiček za provozu. To znamená, že jeden hrot se dotýká sběrací části usměrňovače a druhý jeho základny. Tímto způsobem přecházíme s jedné desky na druhou až postupně všechny vyzkoušíme. Podle průběhu záznamu na stínítku obrazovky snadno poznáme desky nevyhovující,



Obr. 5.



Obr. 6.

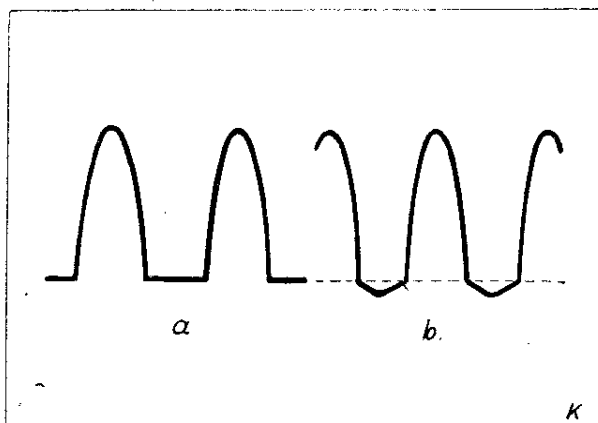
které nahradíme jinými. (Musíme pochopitelně celý usměrňovač v takovém případě rozebrat a znovu sestavit.)

Používanou časovou základnu nastavujeme na 16,6—50 Hz. Na stínítku se nám vytvoří křivka, odpovídající jednotnému usměrnění. Z jejího tvaru pak určujeme jakost usměrňovače. Tvar křivky dobrého usměrňovacího článku vidíme na obr. 7a, a v porovnání s ním vidíme křivku vadného článku na obr. 7b. Z obrázků vyplývá, že dobrý článek má spodní polovinu křivky vždy co nejrovnější, kdežto naproti tomu vadný článek má část při nulové ose zdeformovanou vlivem propouštění příliš značného proudu i ve zpětném směru. Měření provádíme vždy až po několika minutách chodu usměrňovače, a to proto, aby se jednotlivé články pomalu zformovaly a nevykazovaly tak skreslený průběh. Je možné měřit i jednotlivé destičky přímo, a to tak, že napájíme jednotlivé destičky napětím asi 10 V a na výstupní části zatěžujeme odporem o vhodné velikosti vzhledem k jejich výkonu.

Jak bylo výše řečeno, posuzujeme kvalitu desek podle toho, kolik zpětného proudu propouštějí. Na základě této vlastnosti můžeme provádět měření selektivních desek také tak, že zobrazíme osciloskopem pouze zpětný proud, kdežto ve směru propustném jej potlačíme.

Zjištění jakosti usměrněného napětí v elektronkových přístrojích

Osciloskopem můžeme rovněž provádět velmi rychlá měření na síťové části radiopřijímače i jiných elektronkových



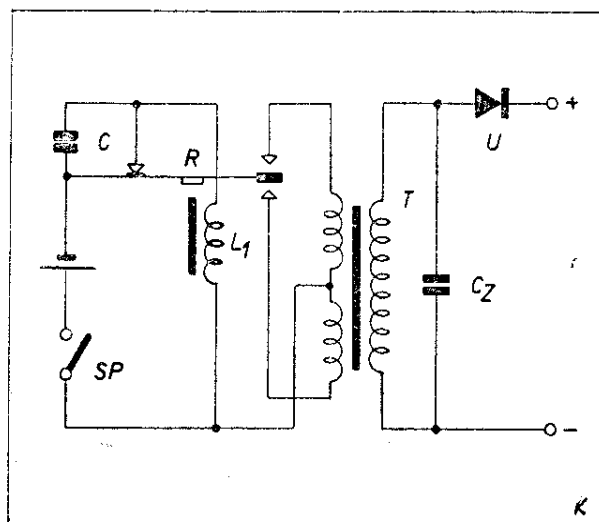
Obr. 7.

přístrojů. V podstatě se jedná o zjištění funkcí jednotlivých členů, jako kondensátorů, tlumivek a pod. Měření provádíme tak, že přivádíme napětí z jednotlivých částí přístroje na svislý zesilovač přes oddělovací kondensátor. Přívod k vertikálnímu zesilovači připojíme nejdříve na katodu usměrňovací elektronky a pak teprve na jednotlivé další body, jako na druhý elektrolyt, stínící mřížky elektronek, anody a pod. Dotykem na katody elektronek – pakliže nejsou přímo uzemněny – zjistíme, zda elektronka nezesiluje nežádáně pronikuvší vf kmity. Časová základna osciloskopu je 25 nebo 16,6 Hz, takže na stínítku obrazovky získáváme 2—3 průběhy. Tyto průběhy mají různý tvar, odpovídající charakteristice měřeného členu.

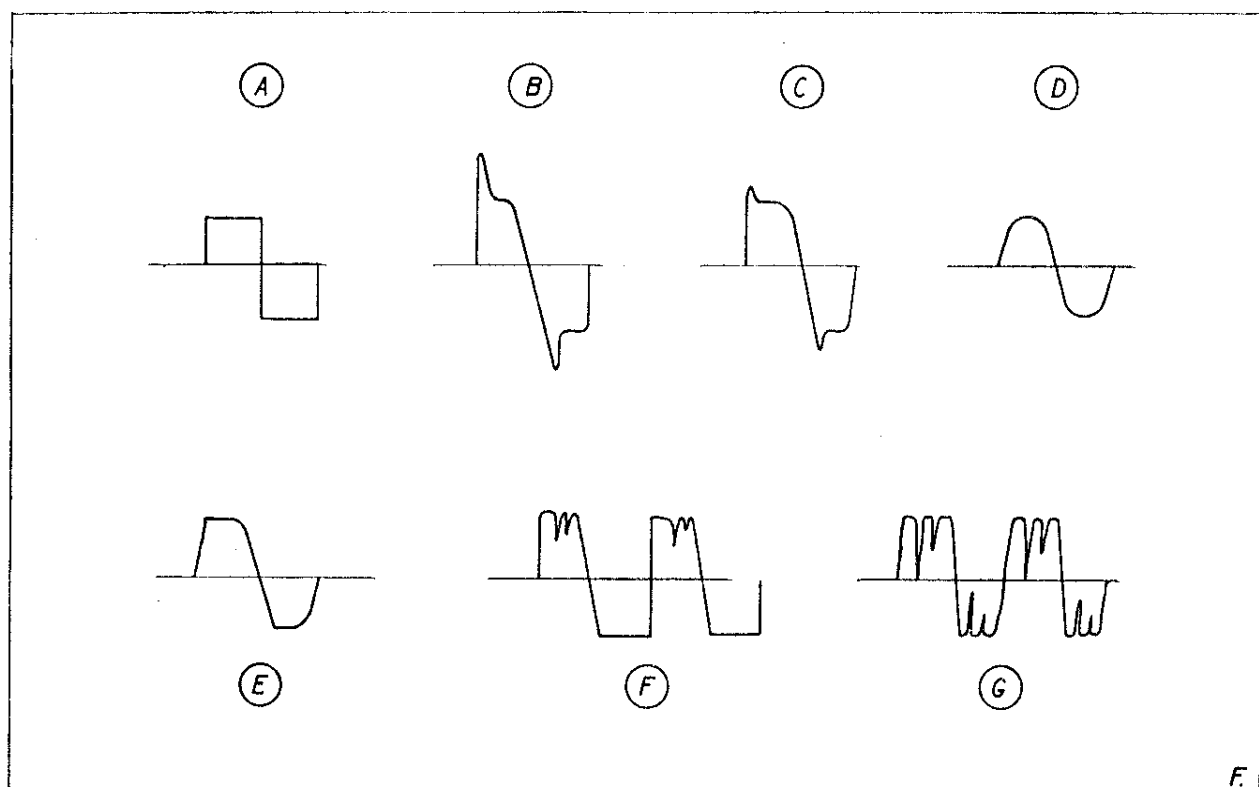
Velmi dobrou vlastností tohoto měření je, že ukazuje nejen tvar zbytkového střídavého napětí, ale též jak se projevují různé zásahy do síťové části měřených elektronických přístrojů.

Osciloskopické zkoušení vibrátorů

Jak je jistě všem čtenářům známo, nedá se stejnosměrný proud transformovat. K tomu, abychom jeho napětí mohli měnit, potřebujeme takové zařízení, jež mu dá podobu střídavého proudu. Takové zařízení se nazývá vibrátor a vytváří ze zdroje stejnosměrného napětí napětí přerušované, tepavé, které již lze normálním způsobem transformovat.



Obr. 8.



Obr. 9.

Kmitočet vibrátoru se pohybuje mezi 50 Hz až do 200 Hz. Přesný kmitočet zjistíme osciloskopicky libovolnou metodou, na příklad srovnáním se síťovým kmitočtem. Protože však je vždy výhodnější dosáhnout co nejvyššího kmitočtu, neboť tím šetříme zdroj elektrické energie o magnetisační proud, snažíme se chvějku vibrátoru doladit na maximální kmitání. A zde nám právě pomůže osciloskop, který jasně ukáže, zda se kmitočet zvyšuje či snižuje, a to i tehdy, kdy určení sluchem podle výšky bzukotu je již nejisté.

Na obr. 8 je nakresleno schema vibrátoru se zdrojem a transformátorem. Zvláštní pozornost věnujeme kondensátoru Cz, t. zv. zhášecímu nebo odladovacímu kondensátoru. Jeho činnost spočívá v tom, že vylučuje jalový magnetisační proud. Jeho velikost je taková, aby jeho odběr byl roven právě magnetisačnímu proudu. Protože proud kondensátoru a indukčnosti (transformátoru) jsou vektorově v opačném směru, ruší se tedy vzájemně. Přidáním kondensátoru Cz k vinutí tedy tvoříme rezonanční obvod. Vzhledem k tomu, že hodnoty konden-

sátoru vycházejí řádu 100 μF , zapojíme kondensátor na sekundární stranu transformátoru, kde se jeho kapacita transformuje na menší hodnotu, rovnající se hodnotě původní, dělené druhou mocninou převodu. Dalším úkolem kondensátoru Cz je zhášení napěťových špiček, které vznikají na začátcích průběhu tepavého napětí, a které, kdyby nebyly odstraňovány zhášecím kondensátorem, mohly by způsobit proražení transformátoru a tím i ohrožení jeho činnosti a životnosti.

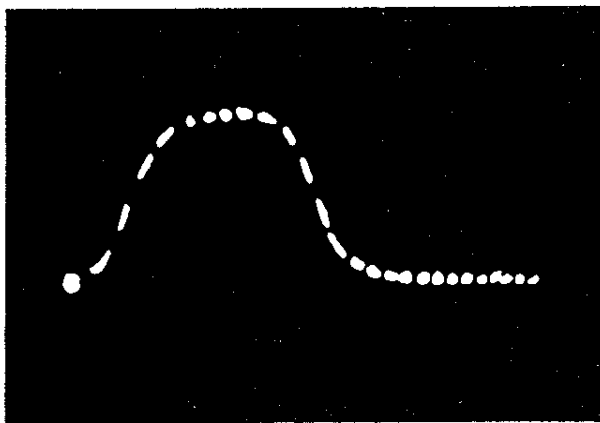
Na dalším obrázku jsou naznačeny průběhy v jednotlivých bodech a jejich změny po určitých zásazích. Tak na obr. 9A vidíme theoretický průběh tepavého obdélníkového napětí. Na obr. 9B je průběh bez zhášecího kondensátoru Cz, kde se výrazně projevují vysoké napěťové špičky. Na obr. 9C jsou již tyto špičky menší vlivem připojení kondensátoru, přesto však hodnota kondensátoru je ještě malá, neboť neodstraňuje dokonale napěťové špičky. Na obr. 9D vidíme průběh již značně skreslený stoupajícím magnetisačním proudem. Vznik tohoto průběhu byl dán již příliš velkým

zhášecím kondensátorem. Průběh přestává totiž již být lichoběžníkový, zato se blíží sinusovce, avšak jeho amplituda klesá. Na obr. 9E vidíme správný průběh. Na obr. 9F a G vidíme průběh napětí snímaného rovnou z přerušovacích kontaktů vibrátoru, při čemž v prvném případě se setkáváme s nežádoucím zakmitáním jednoho přerušovače, a v druhém případě zakmitávají oba dva. Takovéto zakmitávání prozrazuje nevhodný materiál per přerušovačů, obvykle amatérsky vyráběných. Odstraní se obvykle změnou kmitočtu, při čemž se ovšem změní i hodnota kondensátoru C_z .

Z oscilogramů je též jasné patrné, zda oba kontakty spojují naprosto spolehlivě, či zda se jeden z dvojice zpožďuje nebo zda nespíná vůbec. Malými tlaky na jednotlivá pera přerušovačů lze do jisté míry vyrovnat určité nesrovnalosti v průběhu, o čemž nás osciloskop bezpečně přesvědčí.

Modulace paprsku

Při některých měřeních je bezpodmínečně nutné měnit periodicky intensitu paprsku. K tomu účelu je na zadní straně osciloskopu upevněna na zvláštní destičce zdířka, která je spojena přes kondensátor s mřížkou obrazovky. V případě potřeby přivádíme na tuto zdířku napětí asi 15 V o sinusovém nebo obdélníkovém průběhu, takže jeho pomocí periodicky potlačujeme paprsek. Na stínítku se nám objeví osciloskopický záznam, který je tečkovaný, viz obr. 10; zde vidíme zřetelně vyznačení časových intervalů, vzniklých modulací mřížky ob-



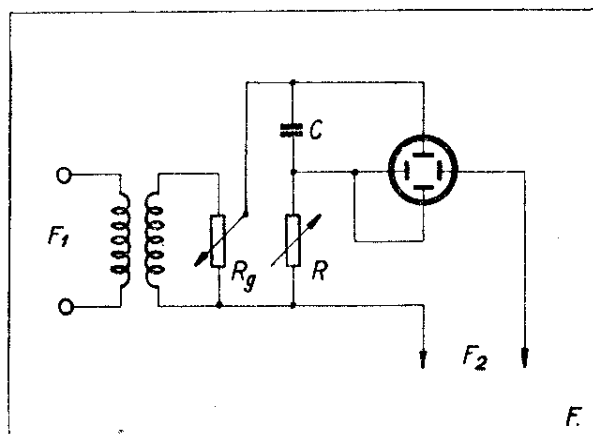
Obr. 10.

razovky střídavým napětím. Vzdálenost jednotlivých teček nám udává měřítko snímku.

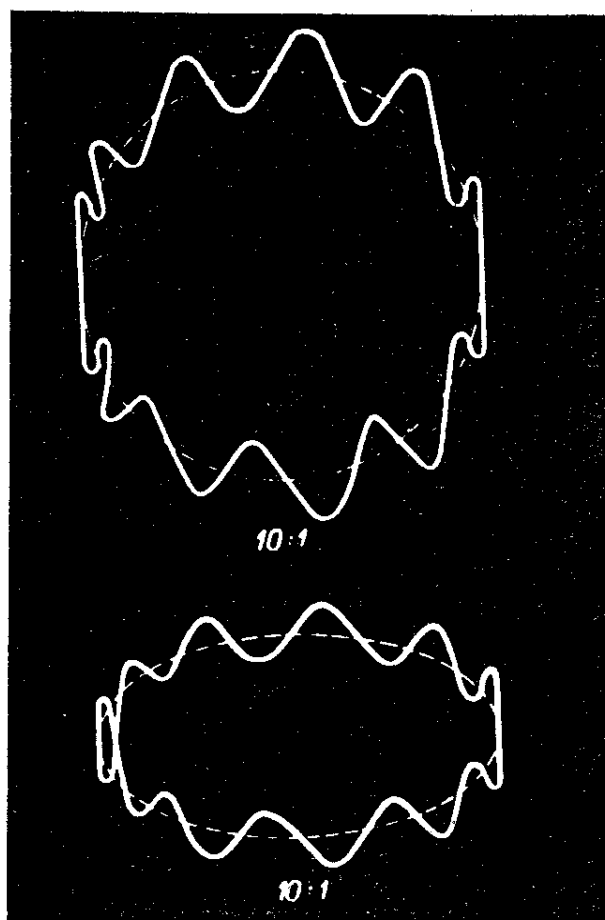
Tak třeba modulujeme-li snímaný záznam kmitočtem 500 Hz, pak jednotlivé rozsvícené body (čárky) záznamu jsou od sebe vzdáleny 2 ms; modulujeme-li 1000 Hz, vzdálenost činí 1 ms a podobně. Sečtením jednotlivých rozsvícených bodů můžeme pak lehce určit trvání celého snímaného záznamu (viz dále).

Snímání eliptických a kružnicových obrazců

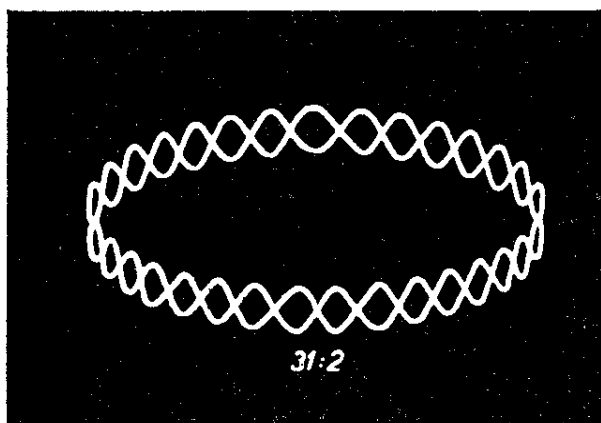
Osciloskopem lze jednoduchým způsobem snímat jak kružnicové, tak i eliptické oscilogramy. Princip zapojení obrazové elektronky pro vytváření kružnicových a eliptických obrazců je vyznačen na obr. 11. Napětí o určitém kmitočtu f_1 je přiváděno na vodorovně vychylující destičky obrazovky. Druhé napětí o kmitočtu f_2 je přiváděno na druhý pár destiček, který vychyluje svisle. Fázový rozdíl se nařídí kondensátorem C a změnou odporu R . Nařídíme-li nyní hodnoty C a R tak, abychom obdrželi na stínítku kružnicový nebo eliptický oscilogram, můžeme nastavením potenciometru R_g měnit jeho velikost. Při různé velikosti napětí na svisle vychylujících destičkách obrazovky vznikají obrazce, které ukazují obr. 12-1 a 12-2, při čemž oscilogram obr. 12-1 vznikl na kruhové časové základně a oscilogram obr. 12-2 na eliptické časové základně. Výhodou těchto časových základní je, že pro jednu periodu je cel-



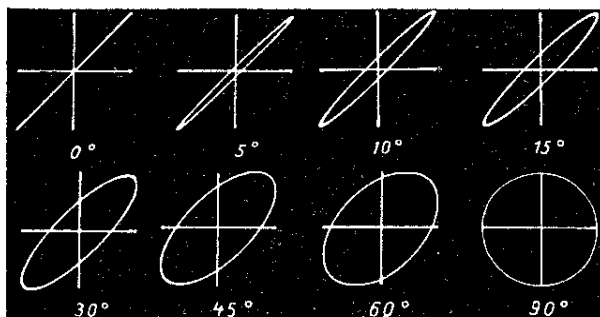
Obr. 11.



Obr. 12.



Obr. 13.



Obr. 14.

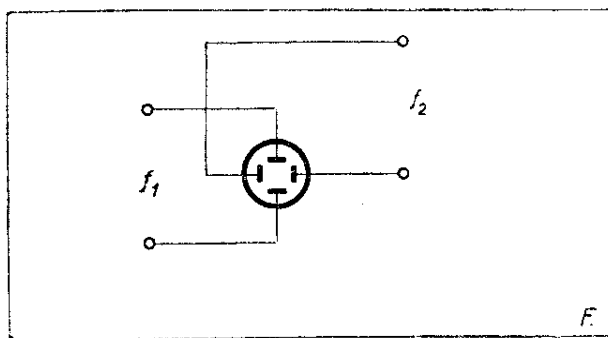
ková délka dráhy paprsku mnohem delší než u jiných časových základů. Další předností těchto časových základů je ta skutečnost, že u nich odpadá doba, potřebná pro zpětný běh paprsku do výchozí polohy, neboť se do této polohy dostává přímým během. Dvoučárý záznam s poměrem kmitočtů 31 : 2 na eliptické časové základně je na obr. 13.

Hlavní význam těchto eliptických oscilogramů tkví v tom, že při zjišťování kmitočtů (viz dále) můžeme lépe stanovit počet jednotlivých vlnovek, určujících poměr známého (srovnávacího) a měřeného kmitočtu.

Měření fázových úhlů

Fázový úhel mezi dvěma napětími stejného kmitočtu měříme pomocí Lissajousových obrazců. Jejich přivedením na vychylovací destičky obrazovky se nám objeví na stínítku buďto šikmá úsečka nebo elipsa. Charakter jejich sklonu je přímo závislý na poměru amplitud obou přiváděných napětí. Jsou-li amplitudy obou napětí shodné, je úhel sklonu na obrazovce 45° . V okamžiku, kdy budou tato napětí fázově posunuta, počne se úsečka měnit v elipsu a při fázovém úhlu 90° přejde elipsa v kružnici. (Viz obr. 14.) Nastane-li další posunutí fázových úhlů nad 90° , počne se kružnice měnit opět v elipsu s opačným charakterem sklonu a to opět pod úhlem 45° . Dostoupí-li posun fázového úhlu 180° , přejde opět elipsa v přímku. Schema zapojení pro toto měření je znázorněno na obr. 15. Nejlépe je přivádět napětí na vychylovací destičky pokud možno vždy přímo, bez použití zesilovačů, abychom dosáhli věrohodného měření bez možnosti skreslení fázovým posunem. Zesilovače použijeme jedině v tom případě, kdy není již možné provádět měření bez použití zesilovače pro malou amplitudu měřeného napětí. V tom případě musí být zesilovače pro oba páry destiček naprosto stejné a nesmí mít žádné fázové skreslení.

Pro vlastní měření je nutné nejprve nastavit samostatně stejné výchylky v obou směrech, t. zn. že je vždy zapojeno jen jedno měřené napětí. Samostatně zapojujeme tedy napětí pro vodorovnou

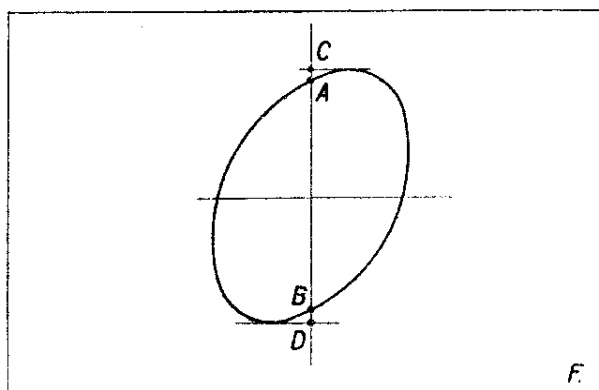


Obr. 15.

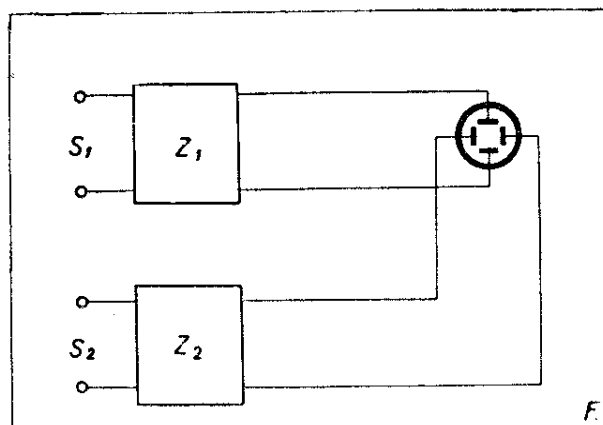
výchylku a rovněž samostatně zapojíme druhé napětí pro svislou výchylku. Teprve po nastavení velikosti obou výchylek připojíme obě napětí společně. Sinus fázového úhlu φ můžeme pak snadno spočítat z rozměrů vzniklé elipsy:

$$\sin \varphi = \frac{\overline{AB}}{\overline{CD}}.$$

Délky úseček \overline{AB} a \overline{CD} si zjistíme odměřením z obrázku zaznamenané elipsy, jejímž středem vedeme svislou a vodorovnou přímku. Protneme-li vodorovnými přímkami, vedenými od vrcholu a spodku elipsy, přímku svislou, dostáváme příslušné délky úseček \overline{AB} a \overline{CD} , viz obr. 16. Vzhledem k tomu, že toto stanovení fázového úhlu je příliš zdlouhavé a obtížné, je vhodné používat průhledný štítek, na kterém je vyryt čtverec příslušné velikosti, odpovídající rozměrům obrazovky, do kterého se snažíme vepsat elipsu. Čtverec je rozdělen svislou a vodorovnou osou na čtyři stejně velká pole. Průsečíky těchto dvou přímek jsou



Obr. 16.



Obr. 17.

současně středem elipsy. Vodorovnou přímkou štítku, procházející středem elipsy, si rozdělíme na větší počet dílků, které přímo označíme stupni, takže pak máme rovnou již určen úhel φ . Je tedy $\sin \varphi$ dán vzdáleností středu elipsy od jednoho kraje opsaného čtverce. Při měření posunu přiložíme zhotovený štítek na obrazovku a regulací ovládacích elementů obou zesilovačů se snažíme nastavením vodorovné a svislé složky přesně vepsat elipsu do čtverce štítku a pak jen odečteme úhel.

Měření kmitočtů

Pro zjišťování neznámých kmitočtů nám skýtá osciloskop možnost použití několika snadných a přitom přesných měřicích metod. Princip měření spočívá vždy ve srovnání dvou kmitočtů. Znamená to tedy, že jeden z obou měřených kmitočtů je známý a druhý (neznámý) se určuje porovnáním s prvním. Proto je nutné znát velmi přesně kmitočet srovnávací, jehož pomocí hledáme neznámý kmitočet, neboť na této přesnosti závisí přesnost určení neznámého kmitočtu. Pro zjištění velmi nízkých kmitočtů lze použít jako srovnávacího napětí normálního síťového napětí, které ve vhodné velikosti přivedeme na příslušné destičky obrazovky přes oddělovací transformátor. Zde je třeba připomenout, že síť nemusí mít vždy 50 Hz.

V oboru vyšších kmitočtů je způsob měření poněkud složitější, neboť je nutné při stanovení těchto kmitočtů používat

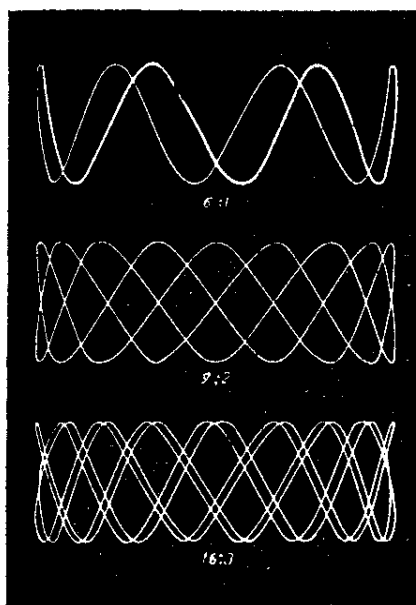
tónového generátoru. Jeho použití klade další podmínku, a to možnost snadného čtení na stupnici, která musí být velmi přesná.

Pro zjišťování neznámého kmitočtu lze použít opět Lissajousových obrazců, jakých se používá při měření fázového úhlu. Opět přivádíme jeden kmitočet (na příklad hledaný) na jeden pár vychylovacích destiček a druhý známý kmitočet na druhý pár destiček. Schema takového zapojení je na obr. 17. V případě, že budou oba kmitočty shodné, objeví se nám toto na stínítku vznikem šikmé čáry, která podle vzájemného fázového rozdílu může přecházet přes elipsu až v úplný kruh. Budou-li však kmitočty různé, projeví se to na obrazovce různými tvary křivek, odpovídajícími velikosti rozdílu kmitočtů. Někdy se stane, že bude nutné známý kmitočet měnit, abychom dosáhli stojícího obrázku. Další podmínkou správného měření je, aby stojící obraz byl pokud možno symetrický.

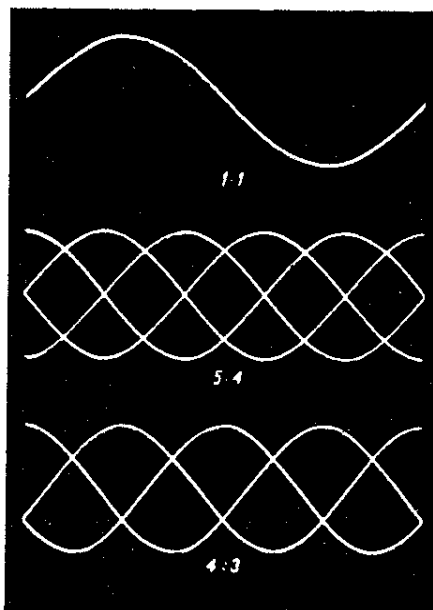
Měřená napětí o různých kmitočtech se doporučuje přivádět opět rovnou na vychylovací destičky bez použití zesilovačů. Těchto použijeme jen tehdy, má-li měřený kmitočet příliš malou amplitudu. Použité zesilovače musí být prosty skreslení vlivem fázových posunů.

Další měřicí metoda spočívá na principu modulace světelné stopy obrazu na stínítku (viz dříve – obr. 10). To lze dosáhnout tím způsobem, že na svislé destičky obrazovky přivádíme měřené napětí, které rozložíme v časové závislosti pilovou časovou základnou na stojící obraz. Srovnávací napětí přivádíme pak na mřížku obrazovky přes vhodný oddělovací kondensátor, dimensovaný na vysoké provozní napětí. Kmitočet časové základny volíme tak, abychom dostali na stínítku 2 až 3 kmity. Druhý pól srovnávacího napětí je uzemněn. Tím dosáhneme zatemnění průběhu obrázku na několika místech. Zjištění neznámého kmitočtu dosáhneme vydělením srovnávacího kmitočtu odpovídajícím počtem zatemněných míst na každé příslušné periodě.

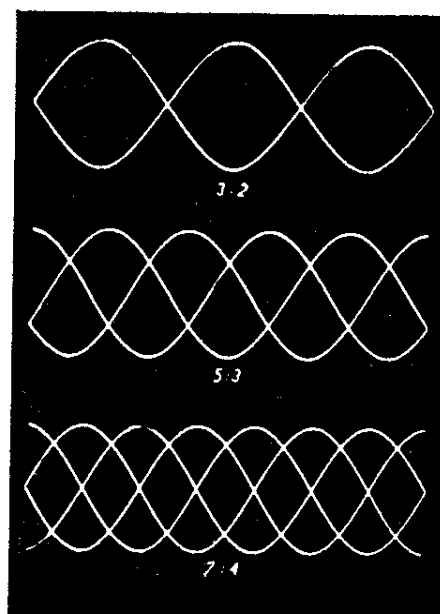
Osciloskopem můžeme zcela jednoduše stanovit kmitočtové poměry až do poměru 10 : 1. Na dále uvedených obrázcích můžeme pozorovat, jak lze z oscilogramu stanovit poměr dvou kmitočtů. Jako první příklad uvádíme obr. 18 nahoře. Abychom tento poměr zjistili, spočteme si horní špičky (v tomto případě 6) a koncové smyčky na pravé straně (v tomto případě 1). Poměr kmitočtů je tedy 6 : 1. Je-li na př. kmitočet vodorovně vychylující 50 Hz, je kmito-



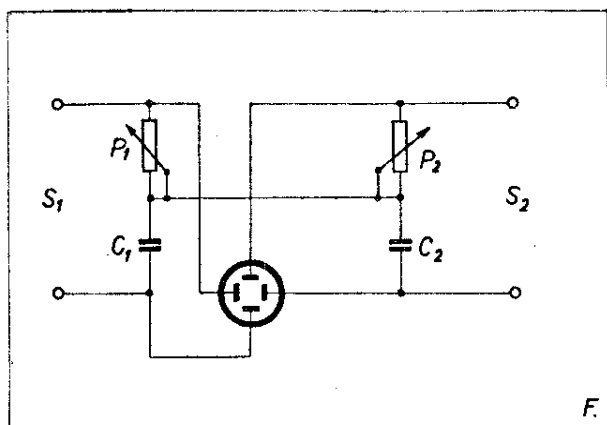
Obr. 18.



Obr. 19.



Obr. 20.



Obr. 21.

čet měřeného svislého napětí 300 Hz.

Pro snazší pochopení představme si tyto obrazce navlečené na skleněném průhledném válci se svislou osou. Téměř dokonalou představu takového prostorového obrazce získáme, jestliže necháme obraz pomalu se „otáčet“. Na obr. 18 nahoře je „přední stěna“ silněji vytažena, „zadní stěna“ tence. Při pozvolné změně fáze se může stát, že přední i zadní stěna se překrývají; může nás to přimět k nesprávným závěrům o menším poměru kmitočtů. Je proto nejlépe, když necháme obraz pozvolna „rotovat“, případně obraz zastavíme ve vhodné poloze, ve které se přední část nepřekrývá se zadní částí, což nám velmi usnadní správné zjištění poměru kmitočtů. Obrazce na obr. 18 ukazují napětí složené ze dvou sinusových napětí. Na obr. 19 a 20 pak vidíme napětí, jež vzniklo složením sinusového napětí (neznámého) s pilovitým průběhem napětí časové základny.

Pro jasné určení poměru dvou kmitočtů pak nám velmi dobře poslouží použití eliptických oscilogramů (viz obr. 12 a 13).

Jednou z nejvhodnějších metod, při níž napětí obou kmitočtů lze rozložit fázovacími členy RC na samostatné kruhové stopy, je metoda, při níž působením obou kruhových průběhů vznikají na stínítku obrazovky tak zv. cykloidy. Jejich vznik je dán geometrickými vztahy a je vytvořen valením kružnice po přímce. Tyto cykloidy se vytvoří i tehdy, když se valí jedna kružnice po druhé, neboť přímka je vlastně kružnicí o ne-

konečném poloměru. Na obrazovce nám mohou vzniknout dva druhy cykloid, a to buď epicykloidy, nebo hypocykloidy. Jejich tvar je závislý na poloměru obou kružnic, ze kterých vznikají. Na stínítku nám tyto křivky vznikají tím způsobem, že si obě přiváděná napětí rozložíme fázovacími obvody na kružnice. Rozložení provádíme nezávisle jedno na druhém tak, že nastavujeme vždy jedno napětí při vypnutí druhého napětí. Průběh, respektive tvar cykloidy, je závislý na vzájemné velikosti obou přiváděných napětí.

Schema jednoduchého zapojení je uvedeno na obr. 21. Měřený kmitočet přivádíme na svorky $S2$ a srovnávací kmitočet přivádíme na svorky $S1$. Počet smyček či hrotů základní kružnice je přímo závislý na velikosti amplitudy kmitočtu vyššího ke kmitočtu nižšímu. Abychom dosáhli stojícího obrazu, je nutné, aby poměr vyššího kmitočtu k nižšímu byl dán zlomkem s celými čísly. Pohybu stopy od jednoho vrcholu k druhému využíváme pro určování poměru obou kmitočtů. Počet vytvořených vrcholů však neudává přímo poměr kmitočtů. Proto je nutno zjistit správný poměr kmitočtů zavedením tak zv. jednotkové opravy, p čímž dostaneme následující vztahy:

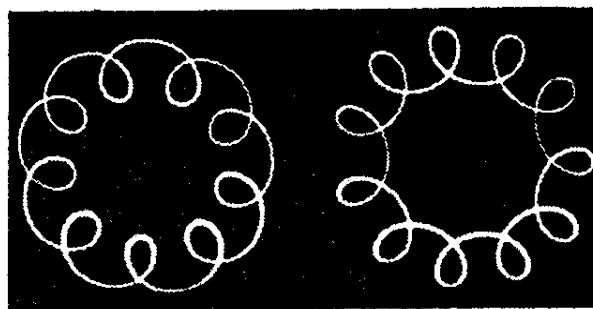
$$p = \frac{a - n}{n} ; f_2 = f_1 \cdot \frac{a - n}{n}$$

pro hypocykloidy a

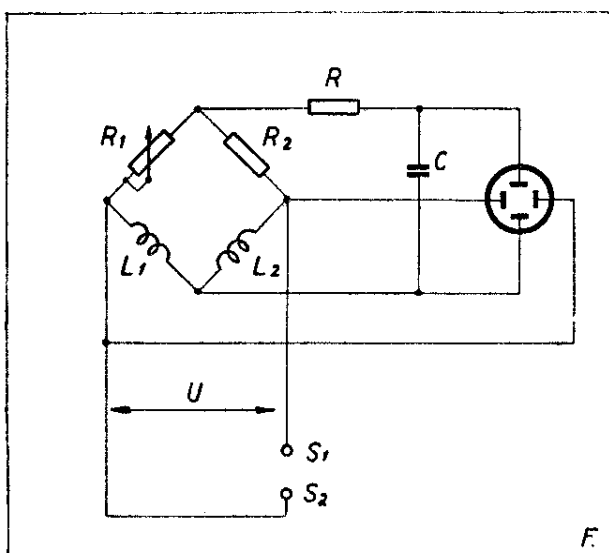
$$p = \frac{a + n}{n} ; f_2 = f_1 \cdot \frac{a + n}{n}$$

pro epicykloidy, při čemž:

f_2 = hledaný kmitočet v Hz,
 f_1 = srovnávací kmitočet v Hz,
 a = počet smyček nebo hrotů,



Obr. 22.



Obr. 23.

n = počet otáček paprsku kolem 360° , které musí udělat, aby se dostal do výchozího bodu. Toto číslo je nutné přesně určit, aby byl výsledek správný.

Určení druhu cykloidy a to buď epicykloidy či hypocykloidy lze provést podle toho, zda se vytváří smyčky nebo hroty. Jelikož epicykloida vzniká vařením kružnice, pohybující se po vnějším obvodu kružnice pevné, vytváří smyčky. Naproti tomu hypocykloida vzniká vařením kružnice pohybující se uvnitř kružnice pevné, a vytváří se hroty. Obrázek 22 vlevo nám ukazuje tvar epicykloidy vytvořené smyčkami a obrázek 22 vpravo tvar hypocykloidy vytvořené hroty.

Tato metoda má však ještě jednu výhodu. Dovoluje nám totiž zjistit neznámý kmitočet i za předpokladu, že obraz na stínítku se pohybuje. Rychlost pohybu musí být však jen taková, abychom ji mohli sledovat. Toto otáčení může být buď shodné se smyslem pohybujícího se světelného bodu po stínítku, nebo protichůdné pohybu světelného bodu. Chceme-li tedy u pohybujícího se obrazce zjistit kmitočet, musíme ke kmitočtu buď přičíst nebo odečíst příslušné Δf , který by odpovídal stojícímu obrazu. Tento vztah lze početně vyjádřit takto:

$$f_2 : f_1 = N_2 : N_1 \cdot \left(1 \pm \frac{r}{f_1}\right),$$

kde značí $N_2 : N_1$ poměr kmitočtů, r je počet otáček rotujícího obrazce za 1 vteř.

Kladné znaménko v závorce uvažujeme v tom případě, je-li smysl otáčení kladný, t. j. ve směru hodinových ručiček a záporné znaménko tehdy, je-li smysl otáčení záporný.

Epicykloidu je možné přeměnit na hypocykloidu nebo naopak prohozením přívodů k vychylovacím destičkám obrazovky $D1$ a $D2$ nebo $D'1$ a $D'2$.

Třídění železných plechů pomocí můstku

Pro třídění železných plechů se dobře uplatňuje měření pomocí můstku. Takové zapojení nám ukazuje obr. 23. (Zesilovače jsou v tomto obrázku vypuštěny).

Můstek je rozdělen na dvě poloviny. V jedné polovině jsou vloženy cívky $L1$ a $L2$, jejichž pomocí zkoušíme jakost plechů. Cívky jsou zhotoveny z měděného smalt. drátu o $\varnothing 0,1$ mm a mají 15 000 závitů. V druhé polovině můstku leží odpory $R1$ a $R2$, při čemž odpor $R1$ je proměnný. Můstek se přivádí do rovnováhy pomocí integračního článku napětí, složeného z odporu R a kondensátoru C , který vychyluje světelný bod přiváděným proudem. Výchylka světelného bodu je přímo úměrná rozdílu magnetických toků, nikoli tedy měřenému toku.

K vyrovnaní nuly zasouváme do obou cívek plechy známého materiálu stejné velikosti a potenciometrem „ $R1$ “ ji nastavujeme. Zasuneme-li nyní na místo plechů známého materiálu plech neznámé jakosti stejného rozměru, mění se obraz na stínítku obrazovky. Podle změny obrazu se dají zjistit vlastnosti zkoušeného materiálu t. zv. planimetrováním.

Zjištění hysteresních křivek

Magnetické vlastnosti železných materiálů můžeme snadno zjistit pomocí osciloskopu, kterým sledujeme průběh hysteresních křivek na obrazovce. Technické měření spočívá v tom, že zjišťujeme vzájemnou souvislost dvou veličin, která spočívá na stanovení magnetické indukce B jako funkce síly pole H .

Je-li železné jádro uzavřeno, t. zn. že je bez vzduchové mezery, pak můžeme podle síly pole H stanovit ampérzávity. Z toho vyplývá, že primární proud I_p může sloužit ke stanovení síly pole.

Měření se provádí tak, že na zkušební jádro navineme dva závity a v serii s primárním vinutím zařadíme odpor R_v , na němž vzniká průchodem proudu úbytek na spádu, který přivádíme na destičky obrazovky. Toto zapojení nám ukazuje obr. 24.

Pro určení horizontální výchylky platí rovnice:

$$v = \frac{0,4 \cdot \pi \cdot z_v}{R_v \cdot l \cdot c} \cdot [\text{mm}]$$

při čemž:

R_v je hodnota odporu v ohmech,

l je délka střední silokřivky v cm,

c je citlivost destiček pro střídavé napětí,

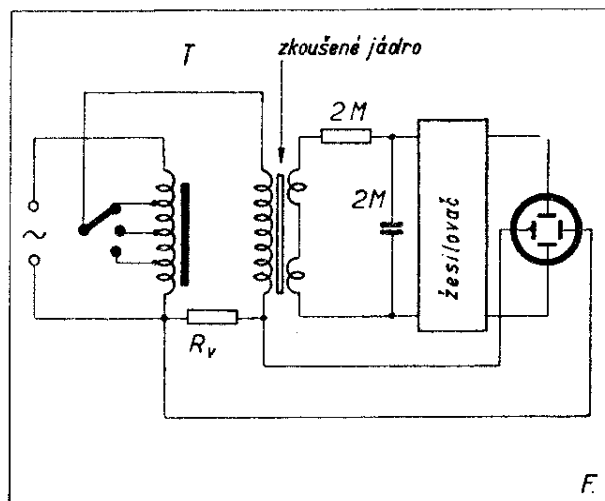
z je počet primárních závitů.

Vertikální výchylka paprsku je úměrná indukci B . K jejímu zjištění nám slouží druhé vinutí na tomtéž zkušebním jádru. Napětí na tomto vinutí je:

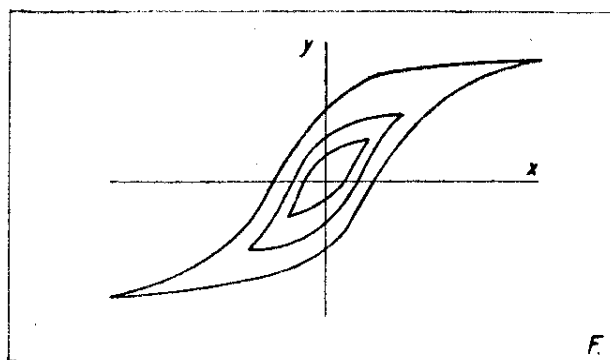
$$U_{II} = k \cdot \frac{dB}{dt},$$

při čemž k je konstanta, a $\frac{dB}{dt}$ je derivace magnetické indukce podle času.

Toto napětí integrujeme článkem z odporu R a kondensátoru C za předpokladu, že $R \gg \frac{l}{\omega \cdot C}$. (R je mnoho-



Obr. 24.



Obr. 25.

násobně větší.) Napětí na kondensátoru C je tedy:

$$U_C = k' \cdot \frac{B}{R \cdot C}.$$

Integraci se však napětí zmenší, takže pro zobrazení musí být náležitě zesíleno.

Sekundární vinutí je rozděleno na dva díly tak, aby obě poloviny vykazovaly stejnou kapacitu vzhledem k primárním závitům a měřenému železnému jádru. Mezi primární a sekundární vinutí vkládáme stínění, aby sekundární napětí vzniklo pouze magnetickou indukcí.

Velikost vertikální výchylky získáme podle rovnice:

$$v = \frac{R \cdot C \cdot 10^5}{z_s \cdot q \cdot V \cdot d} [\text{mm}]$$

při čemž:

C = kapacita v μF ,

R = odpor v $\text{M}\Omega$,

z_s = počet závitů sekundáru,

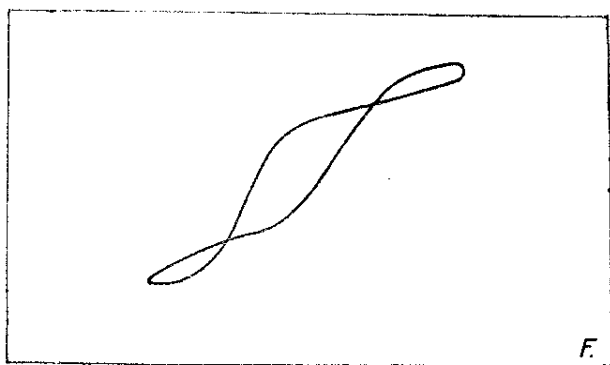
q = průřez jádra,

V = zesílení,

d = citlivost svislých destiček.

Na stínítku vznikne pak obraz hysteresní křivky (viz obr. 25). Pomocí regulačního transformátoru T (obr. 24), získáme různé magnetické stupně a tím i různé hysteresní křivky. Obrazy os získáváme tím, že při největší magnetisaci (proudu) odpojíme nejprve napětí z prvního a pak z druhého páru destiček.

Podmínkou bezpečného a naprosto přesného měření je, aby zesilovač osciloskopu nevykazoval žádné stáčení fáze. Kdyby tomu tak nebylo, vzniklo by skreslení, které je patrné na obr. 26.



Nepatrné stočení fáze je vždycky možno vyrovnat buď derivačním nebo integračním článkem.

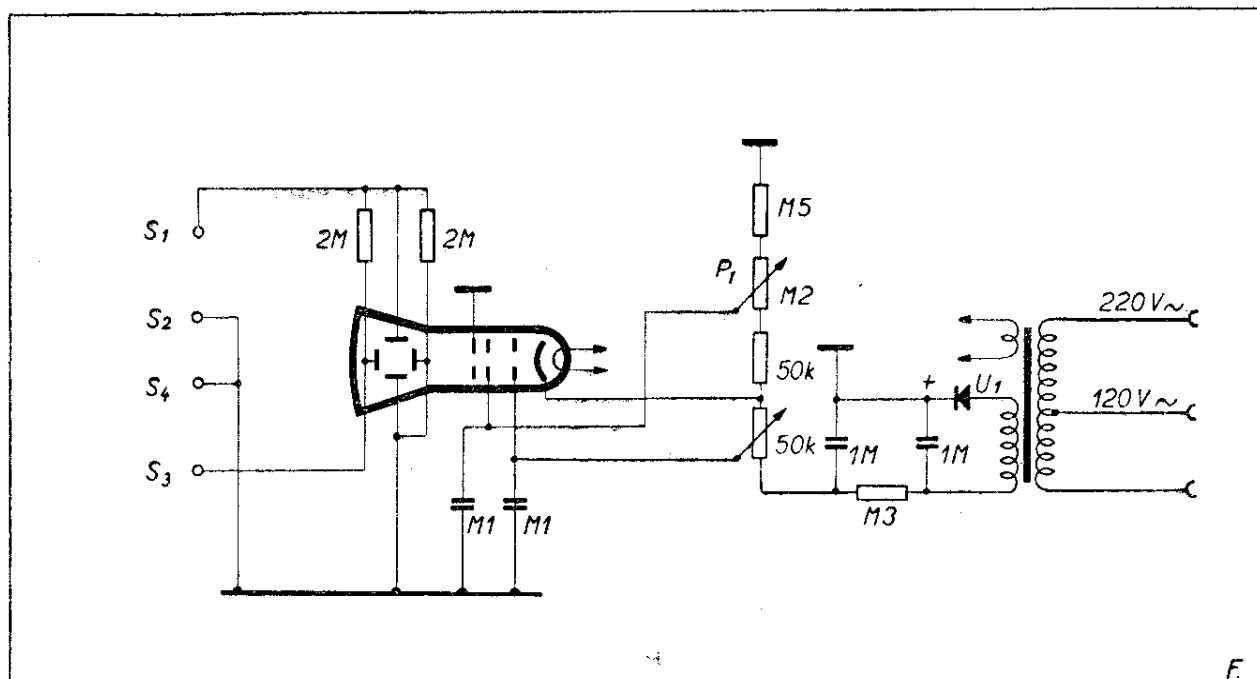
Vlastnosti železných materiálů je možné vyčíslit z hysteresní křivky pomocí t. zv. planimetrování a to především u jakostnějších materiálů. U méně jakostních materiálů je vyčíslení hysteresních ztrát tímto způsobem již obtížné, protože hysteresní křivka vychází příliš štihlá.

Hlavní podmínkou pro dokonalé měření jsou především dobré vlastnosti zesilovače, hlavně fázové vlastnosti pro napájecí kmitočet f . Proto s ohledem na tuto vlastnost zesilovače je vhodné volit pro zjišťování hysteretických křivek magnetických materiálů kmitočet asi 500 Hz.

Kontrola modulace na vysilači

Pomocí osciloskopu můžeme provádět velmi snadno kontrolu amplitudové modulace vysilače. Pro toto měření nemusíme používat hotového osciloskopu, ale vystačíme s adaptorem, který je naznačen na obr. 27. Pro vertikální vychylovací destičky odebíráme vysokofrekvenční napětí z koncového stupně vysilače pomocí jednoho, eventuálně dvou až tří závitů od studeného konce vf cívky. Tuto linkovou vazbu vedeme dále obyčejnou kroucenou přívodní šňůrou. Jeden konec jde na destičky a druhý na zem. Měření je třeba provádět při normálních pracovních podmínkách měřeného zdroje, na př. u vysilače za použití anteny, která může být po čas zjišťování správné modulace umělá. Pro měření použijeme pásmo, které přichází nejčastěji v úvahu pro provoz vysilače. Délku vzniklé čáry na stínítku nastavíme asi na $1/3$ průměru stínítka, při čemž dbáme na to, aby čára nebyla dvojí ani jinak deformovaná.

Při uvedeném laborování si můžeme současně snadno nastavit neutralizační koncového stupně zdroje, kde nám přístroj poslouží jako velmi citlivý indikátor vf. Odpojíme anodové napětí konco-



Obr. 27.

vého stupně (žhavení zůstává zapojeno) a necháme běžet jen předcházející stupně. Všechny stupně pak vyladíme do ostré resonance tak, aby byl na stínítku kolmý posuv čáry co největší. Nyní otočíme neutralizačním kondensátorem koncového stupně natolik, až dosažená kolmá přímka na stínítku zmizí a vytvoří se nám bod někdy elipsovitý. Tím jsme dosáhli dokonalé neutralisace koncového stupně měřeného vysilače.

Je-li vysokofrekvenční napětí pro svislé vychylování v pořádku, přistoupíme k úpravě nízkofrekvenčního napětí z modulátoru pro vodorovné vychylování. Zde záleží mnoho na modulačním systému, jak se podaří nastavit procento nf modulace. Při mřížkové modulaci, případně i katodové, můžeme vzhledem k poměrně malému potřebnému výkonu nf zdroje použít běžného potenciometru 0,5 až 1 M Ω na místo odporů 900 a 40 k Ω , viz obr. 28 a tím snadno nastavit potřebnou velikost obrazu na obrazovce.

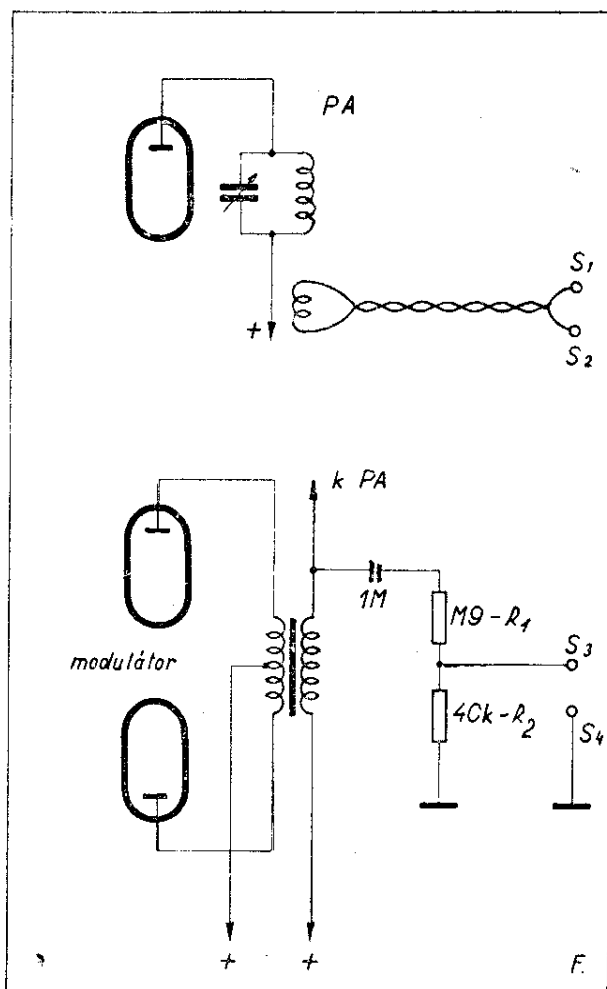
Při anodové modulaci, která se hojně užívá, je třeba upravit dělič nf napětí z výstupu modulátoru buď pomocí fixních odporů zkusmo vybraných a dostatečně dimensovaných, nebo vhodným děličem (divisorem) s posuvnou odbočkou. Pro snadnější nastavení můžeme rovněž odpor 40 k Ω nahradit potenciometrem pro větší zatížení. Běžné potenciometry by nesnesly trvale větší nf výkon, potřebný pro anodovou modulaci.

Složením nf napětí z modulátoru a vf napětí z koncového stupně měřeného vysilače dostaneme na stínítku obraz lichoběžníku resp. trojúhelníku. To znamená, že souhrou vodorovného i kolmého vychýlení paprsků dostáváme patřičný obraz, z kterého můžeme určit správnost modulace. Tak na př. pro 100% modulaci je odpovídajícím obrazem trojúhelník. Prodlouží-li se jeho vrcholový bod v čáru, znamená to, že modulace je přes 100 %, tedy přemodulování. Nastavení správného trojúhelníku se na stínítku obrazovky projeví jedině správnou volbou hodnot odporů R_1 a R_2 (viz obr. 28), při čemž trojúhelník odpovídá plné 100% modulaci. Tuto překontrolujeme tak, že vypneme nf napětí z destiček a vedeme na ně napětí pilovité, takže nyní musíme dostat

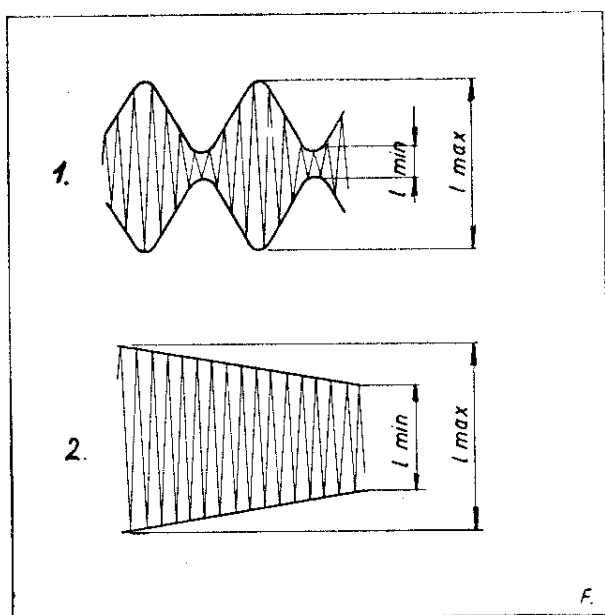
obalovou křivku (podle obr. 31), odpovídající taktěž stoprocentní modulaci. (Časové základny – třeba improvizované – použijeme v tomto případě jen pro správné nastavení přiváděného nf napětí, jež se děje změnami odporů R_1 a R_2 . Pakliže je již jednou nastavíme, pak obrazec na stínítku již udává vždy správné procento modulace a improvizovanou časovou základnu můžeme zrušit.)

V průběhu dalšího měření se nám bude trojúhelník měnit v lichoběžníkový obrazec, odpovídající příslušné modulaci v rozmezí od 40–70 %. Prodloužený vrchol trojúhelníku se nám bude vyskytovat jen ve výjimečných případech, kdy nastanou na př. při řeči nárazy příliš silné.

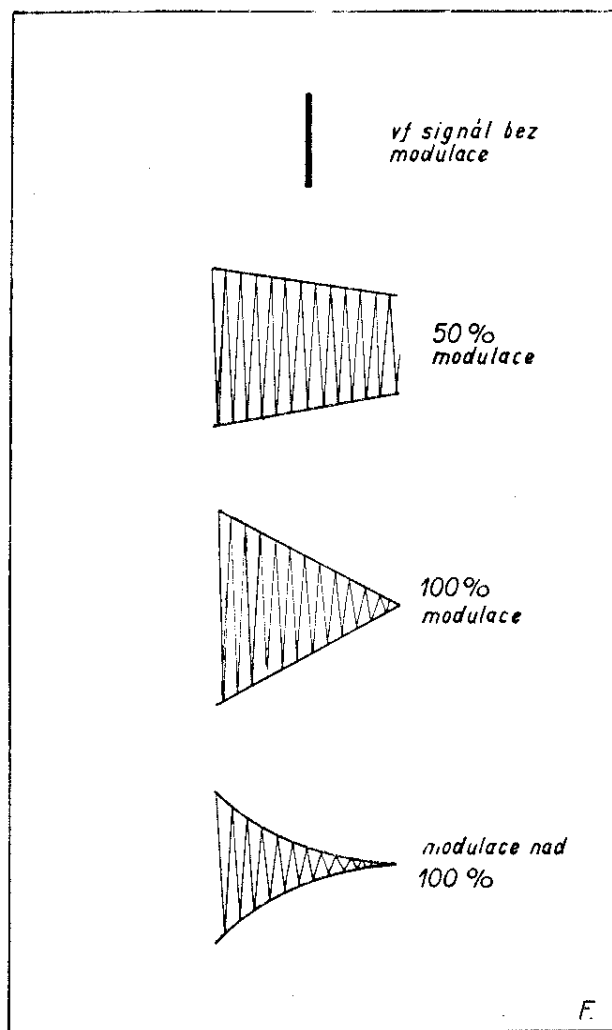
Přesnější zjištění procenta modulace při použití osciloskopu bez časové základny lze vypočítat z promítnutého lichoběžníku podle následujícího vzorce:



Obr. 28.



Obr. 29.



Obr. 30.

$$\% M = \frac{I_{max} - I_{min}}{I_{max} + I_{min}} \cdot 100,$$

při čemž hloubku modulace dostaneme v procentech. I_{max} a I_{min} se rozumí nejdelší a nejkratší čára lichoběžníku ve stejných hodnotách, na př. v cm (viz obr. 29-2).

Lichoběžníkový obraz se tvoří a zvětšuje vpravo i vlevo od původní svislé vř. přímky, která musí při modulaci splynout s ostatními čarami lichoběžníku, vyvolanými modulací. Kolmé čáry musí být rovné a dobře viditelné, rovněž tak i strany trojúhelníku či lichoběžníku musí být rovně ohraničené. Proto nastavení provádíme při větším jasu a dokonalé ostroty. (Viz obr. 30 – kontrola modulace bez časové základny).

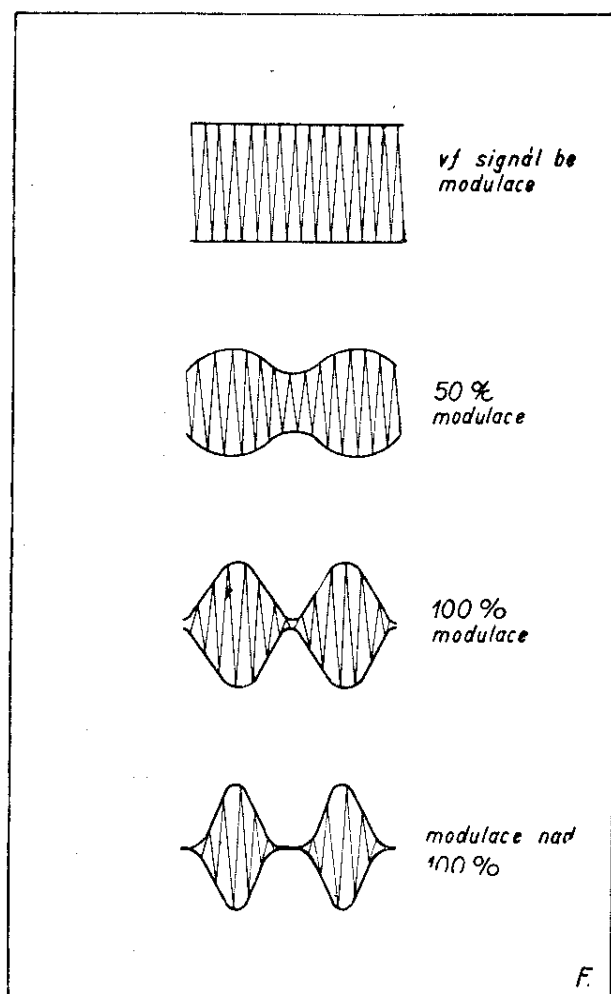
Jsou-li strany lichoběžníku či trojúhelníku jakýmkoliv způsobem deformované, znamená to, že linearita modulace je porušena. Porušení může nastat buď vlivem nedokonalé neutralisace, nízkého mřížkového předpětí, nebo parazitních kmitů a nedokonalé filtrace a pod.

Použijeme-li při měření osciloskopu s časovou základnou, budou mít obrazce příslušné modulace i tvar obalové křivky, kterou získáme vysokofrekvenčním signálem. Při tomto měření je lhostejné, zda používáme modulace anodové či jiné, neboť v tomto případě je časová základna osciloskopu nastavena na zlomek modulačního kmitočtu, který nám umožní zachytit na stínítku dva až čtyři celé průběhy. Zjištění procenta modulace je stejné jako v předchozím případě jen s tím rozdílem, že zde I_{max} znamená maximální amplitudu napětí, které tvoří obalovou křivku a I_{min} značí minimální amplitudu tohoto napětí (viz obr. 29-1).

Průběh a tvar obalových křivek za použití časové základny osciloskopu při různém procentu modulace ukazuje obr. 31.

Kontrola zesilovačů na různých kmitočtech

Abychom mohli zjistit krajní meze zesílení, které bez použití tónového generátoru zjišťujeme obtížně, pomůžeme si na dolním konci rozsahu improvizovaným generátorem pravoúhlých kmitů, který vytvoříme použitím pentody 6F36,



Obr. 31.

zapojené jako odporový zesilovač – limiter. Schema zapojení a jeho hodnoty jsou uvedeny na obr. 32. Tento zesilovač pracuje jako omezovač amplitudy a vytváří nám pravoúhlé napětí, viz obr. 33, které přivádíme na vstup měřeného zesilovače. Kmitočet, jímž budeme zkoušet zesilovače, činí 1 kHz. Na druhý pár destiček obrazovky přivádíme pak napětí z časové základny. Tím vznikne na stínítku obrazovky osciloskopický záznam podle obr. 34, který říká, že zesilovač zeslabuje nízké kmitočty. Vzniklé posunutí obou svislých úseček slouží jako měřítko časové konstanty zesilovače. Zjištěním posunutí úseček v procentech jejich délky můžeme si snadno vypočítat dobu periody měřeného napětí, neboť se rovná stejnému procentu součinu RC .

Nenastane-li při kmitočtu 50 Hz znaitelné posunutí obou úseček, znamená to, že zesilovač je prakticky dokonalý na

dolní straně kmitočtového rozsahu.

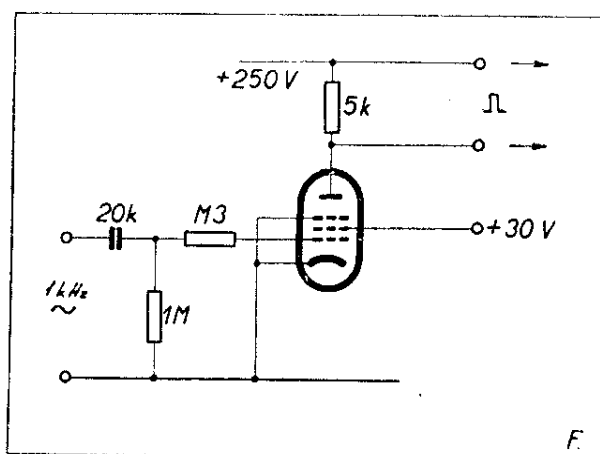
Obdobným způsobem postupujeme i na horním konci kmitočtového rozsahu. Zde nám zůstávají základny obrazců rovnoběžné, avšak jejich rohy se zaoblují. Konec kmitočtového rozsahu zde ukazuje šikmost tečny, jak můžeme pozorovat z obr. 35, který říká, že zesilovač zeslabuje vysoké kmitočty. Hodnota, označená τ a vyjádřená ve vteřinách, nám udává přímo časovou konstantu paralelních (parasitních) kapacit s pracovními odpory. Tato hodnota však nemá být větší jak 10 % periody měřeného napětí. Časovou konstantu τ zjistíme podle rovnice:

$$\tau = R \cdot C [s; M\Omega, \mu F]$$

kde C je součet všech parasitních kapacit (C_{ag} , C_{gk} , C_{ak}) a $R = R_{a'} \parallel R_i$, kde R_i je vnitřní odpor elektronky a $R_{a'} = R_a \parallel R_{g_2}$, kde R_a je pracovní odpor a R_{g_2} odpor ve stínící mřížce.

Kmitočtovou charakteristiku můžeme velmi jednoduše opravit tím, že mezi anody zesilovače a anodové odpory vložíme opravné tlumivky. Vhodně volená velikost těchto tlumivek dává správné pravoúhlé napětí. V případě, že se nám na základnách obrazce začnou objevovat slabé oscilace, viz. obr. 36, je hodnota tlumivky příliš velká, nebo zesilovač osciluje a naopak, jsou-li rohy zaobleny, je hodnota tlumivky příliš malá.

Pomocí osciloskopu můžeme tedy snadno zjišťovat horní i dolní mez velkých kmitočtových rozsahů až v poměru 1 : 100. Podmínkou však je dobře pra-



Obr. 32.

cující generátor pravoúhlých kmitů, bez překmitávání v horní i dolní úrovni pravoúhlého průběhu.

Mikroskopická časová základna

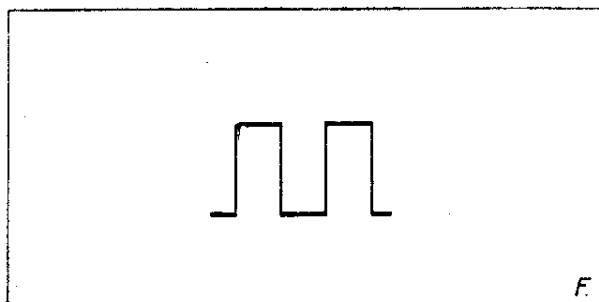
Této časové základny můžeme používat k pozorování složených křivek síťového kmitočtu a televizních impulsů, jež jsou taktéž synchronisovány se síťovým kmitočtem. Pro tyto účely jsou v zahraničí vyvinuty velmi jednoduché adaptory, z nichž jeden takový si zde popíšeme.

Na obr. 37 vidíme jednoduché zapojení tohoto adaptoru. Vstupní autotransfórátor $T1$ má ke svým krajním vývodům zapojen seriový člen, sestávající z kondensátoru $C1$ a proměnného odporu P . Ze střední odbočky vstupního autotransfórátoru a z bodu II , představujícího spojení kondensátoru C a odporu P , vedeme dále napětí na další transformátor. Toto zapojení se vyznačuje vlastností, že vektor napětí, ležícího mezi body I a II , otáčí se o 180° ve fázi, pakliže se mění velikost odporu P . Zvláštní výhodou tohoto zapojení je, že amplituda napětí zůstává prakticky konstantní.

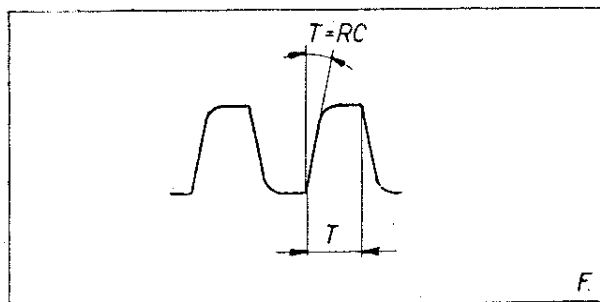
Toto fázově posunuté napětí tedy při-

vádíme na primár druhého transformátoru $T2$, který je dále zvýší. Vysoké střídavé napětí, které se dá celkem lehce transformovat a řídit i jeho fáze, přivádíme na horizontální destičky, kde tvoří napětí mikroskopické časové základny. Z bodu X nebo Y odebíráme napětí, které je odpory $R2$, $R3$ a kondensátory $C2$ a $C3$ otočeno o 90° ; jeho amplituda je zároveň zmenšena, takže přivedeme-li je na mřížku obrazovky, je pouze jedna polovina světelné stopy osvětlena, kdežto druhá je potlačena. Čím větší napětí je na destičkách časové základny, tím více podrobností můžeme ze sledovaného průběhu rozeznat. Změnou fáze, kterou provádíme změnou hodnoty potenciometru P , vybíráme si též libovolně žádaný výsek periody pozorovaného běhu. Přepólováním je pak ještě možné změnit fázi o dalších 180° , takže celkové otočení činí 360° .

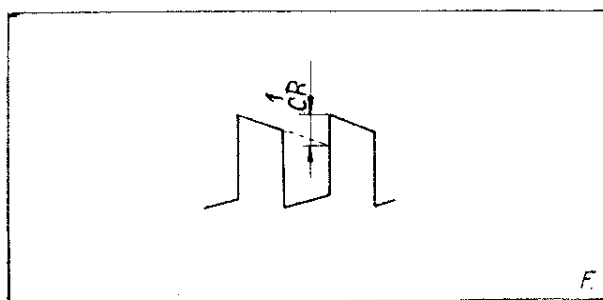
Abychom mohli měnit velikost výchylky mikroskopické základny, je na sekundáru transformátoru $T2$ provedeno několik odboček symetricky položených vzhledem k střednímu vývodu. Též i provedení proměnného odporu pro řízení fáze se liší v praxi od naznačeného způsobu ve schematu, t. j. od



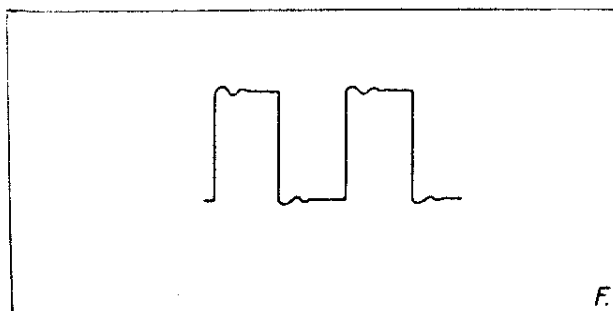
Obr. 33.



Obr. 35.



Obr. 34.



Obr. 36.

řízení jednoduchým potenciometrem. Musel by mít totiž logaritmický průběh a být dimensován pro dosti velké proudové zatížení (0,2 A). Jeho hodnota by byla 10 — 15 k Ω . Proto se nahrazuje skupinami odporů, přepínatelnými dvěma či třemi přepínači. Jeden přepínač přepíná hrubé hodnoty (10³ Ω), druhý desetkrát menší (10² Ω) a třetí hodnoty jemné (10 Ω). Těmito přepínači si pak nastavíme žádanou fázi. I fázovací kondensátor *C1* musí snést bezpečně proud 0,2 A. Transformátor *T2* má mít pokud možno největší vstupní impedanci (pro 50 Hz) a rovněž vysoký převodní poměr. Tyto požadavky si však navzájem odporují, a proto se snažíme o nalezení nejvhodnějšího řešení. Jedno takové řešení nám poskytuje zapojení s dvěma transformátory *T2*, jejichž primáry jsou zapojené paralelně, avšak jejich sekundáry jsou v serii. Maximální napětí na výstupu dosahuje až 600 V. Abychom mohli pozorovat obě poloviny periody světelné stopy, můžeme napětí pro potlačení jedné poloviny periody odebírat buď z bodu *X* nebo z bodu *Y*.

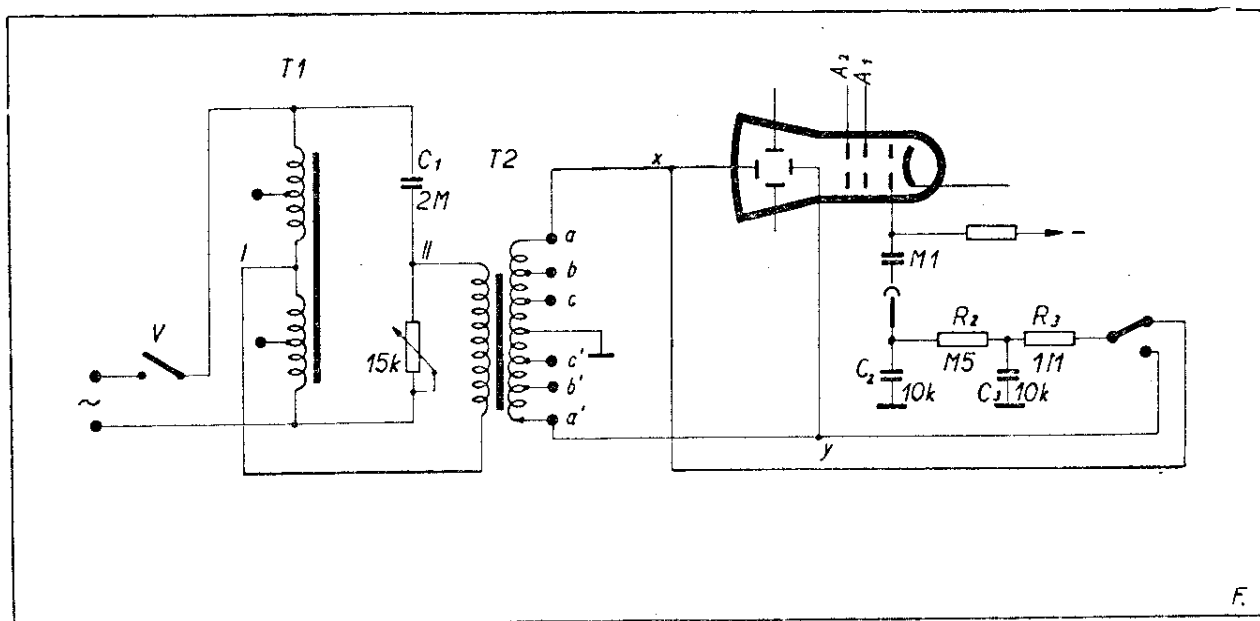
Tento přístroj najde použití hlavně při pozorování a zkoušení televizního signálu v televizních přijímačích. Při normálním pozorování totiž jsou jednotlivé impulsy a řádky tak hustě vedle sebe, že

veškeré podrobnosti unikají. Teprve po velkém zvětšení, které je dáno poměrně značným roztažením stopy pomocí adaptoru mikroskopické časové základny, můžeme zjišťovat veškeré detaily průběhu a případné skreslení či nežádaná odřezávání a pod.

Jednorázová časová základna

Pro některá měření, kdy zkoumaný jev se děje jen jednou (příkladně výboj bleskovky), potřebujeme takovou časovou základnu, která zakmitne jen jednou synchronně s pozorovaným jevem. Mnohdy takováto základna bývá ještě navíc spojena taktéž synchronně s fotografickým aparátem, jímž trvale zachycujeme snímané oscilogramy.

Na obr. 38 je schema jednorázové časové základny, která pracuje v rozsahu 10 ms až 10 s. Protože se jedná o zapojení méně běžné, považujeme za nutné říci zde o její funkci několik slov. Časová základna vykoná vždy jeden kmit otevřením spínače *T*. V klidové poloze, kdy spínač *T* je uzavřen, je kondensátor *C1* spojen přes odpor *R1* na krátko, takže vodorovné destičky dostávají napětí + 200 voltů a paprsek je přitážen trvale k jedné straně stínítka. Jasnost stopy se nařídí těsně pod hranici viditelnosti. Doutnavky *D1* a *D2* při 200 V ještě ne-



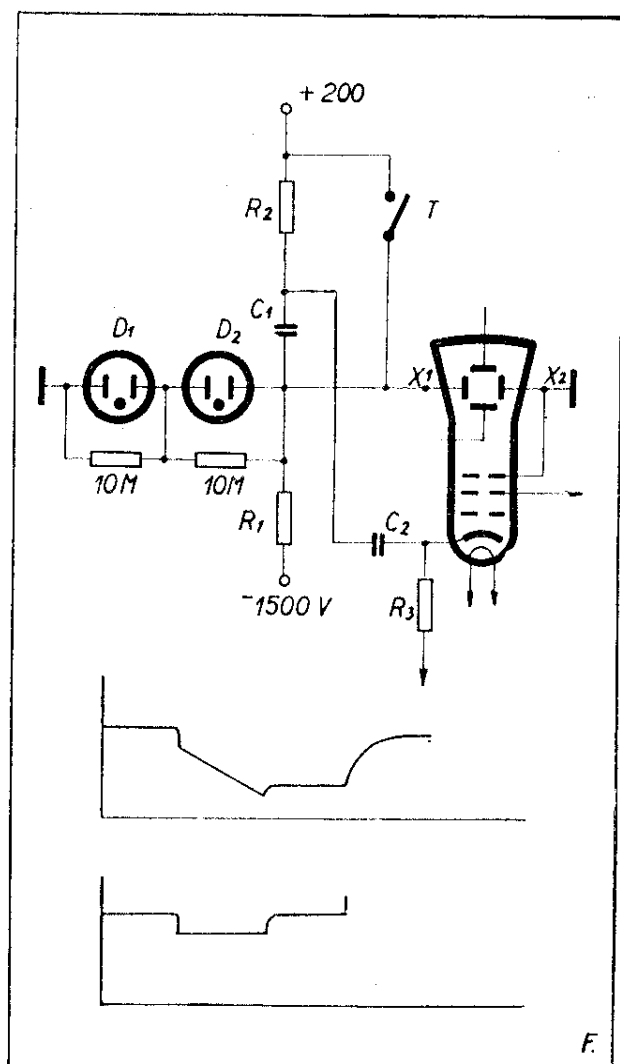
Obr. 37.

zapálí. Časová základna se uvádí v činnost otevřením spínače T . Pak se počne kondensátor $C1$ nabíjet přes odpory $R1$ a $R2$. Impuls, vzniklý spádem napětí na $R2$, přeneseme se kondensátorem $C1$ na katodu obrazovky, takže její kladné předpětí poklesne, stopa se objeví na stínítku a zároveň se posouvá k druhé straně obrazovky. Toto posouvání trvá tak dlouho, než napětí na destičce $X1$ dostoupí zápalného napětí doutnavek. Paprsek se tím zastaví a zároveň přes $C2$ obdrží katoda impuls, který potlačí jasnost stopy. Opětným sepnutím spínače T se paprsek vrátí do původní krajní polohy a obvod je připraven k dalšímu přeskmitnutí. Rychlost posuvu stopy po stínítku je dána jako u normálního pilovitého generátoru časovou konstantou odporů $R1$ a $R2$ s kondensátorem $C1$. Prů-

běhy napětí na destičkách a na katodě jsou zakresleny na témže obrázku pod schematem.

Jinou takovou časovou základnou je zapojení zvané bootstrap circuit, které má velmi dobrou linearitu. Délka pilovitého kmitu se však řídí přímo délkou přiváděného napětíového impulsu. Schema této základny je na obr. 39a. Elektronka E_3 je v obvyklém stavu vodivá, protože její mřížka je připojena přes odpor Rg na anodové napětí U , takže na kapacitě C je velmi malé napětí vzhledem k děliči napětí: $E1 + R1 +$ vnitřní odpor zdroje a $E3$. Dostane-li $E3$ záporný napětíový impuls dostatečné velikosti, aby elektronku zablokoval, začne se kondensátor C kladně nabíjet. Stoupající napětí na mřížce $E2$ způsobí stoupnutí anodového proudu a tím větší úbytek na Rc , čímž se katoda $E2$ posouvá na vyšší potenciál. Časová konstanta členu RC se volí velká, takže ještě při stoupajícím napětí na katodě $E2$ vysadí dioda $E1$ a nabíjení převezme $E2$. Pak zůstává na R téměř konstantní potenciál, takže nabíjecí proud, který jím protéká, je také téměř konstantní. Ck je nabíjen proudem, jehož velikost činí zhruba U/R , který však též nabíjí kondensátor C . Se zřetelem k dobré linearitě je třeba, aby Ck byl alespoň $100 \times$ větší nežli C . Je-li Rc velmi vysoký, bude se C jevit tak, jako by byl nabíjen napětím zdroje $\mu \cdot U$, přes odpor velikosti zhruba $\mu \cdot R$, kde μ je hodnota příslušející elektronce $E2$. To znamená, že při napětí $U = 400$ V a zesilovacím činiteli $\mu = 50$ bude probíhat potenciál na C tak, jako by byl připojen na zdroj o napětí 20 kV. Dovolíme-li tedy nabít C na 100 V, činí to tedy 0,5 % zdánlivého napětí nabíjecího. Napětí na C stoupá lineárně ihned, jakmile je $E3$ blokována (křivka A), avšak na katodě teprve za určitou dobu, danou působením parazitní kapacity Cs (křivka B). Zpoždění je dáno hodnotou Cs/S , kde S je strmost elektronky $E2$.

Z této okolnosti je patrné, že $E2$ má mít co největší μ a S . Platí zde přibližně vztah pro $R \cdot c = U \cdot \tau / V$ [M Ω , pF; μ s, V] kde V je amplituda žádaného napětí na C a τ je čas pro dosažení V .



Obr. 38.

Po skončení napětového impulsu se $E3$ stane opět vodivou, C se přes ni vybíjí a také potenciál katody $E2$ klesá.

Jiná úprava je na dalším schematu, viz obr. 39b. Nabíjecí proud kondensátoru C u tohoto zapojení protéká přímo $E2$, aniž se uplatní kapacita C_k . Protože R_k je možno volit velmi vysoký, je i časová konstanta $R_k \cdot C_k$ velmi vysoká. Mřížka $E2$ má potenciál zhruba U_2 (napájena přes diodu $E1$). Při zablokování $E3$ stoupá napětí na C , takže diodu $E1$ vyřadí a mřížka $E2$ se stává kladnější. Odporem R pak protéká téměř konstantní proud.

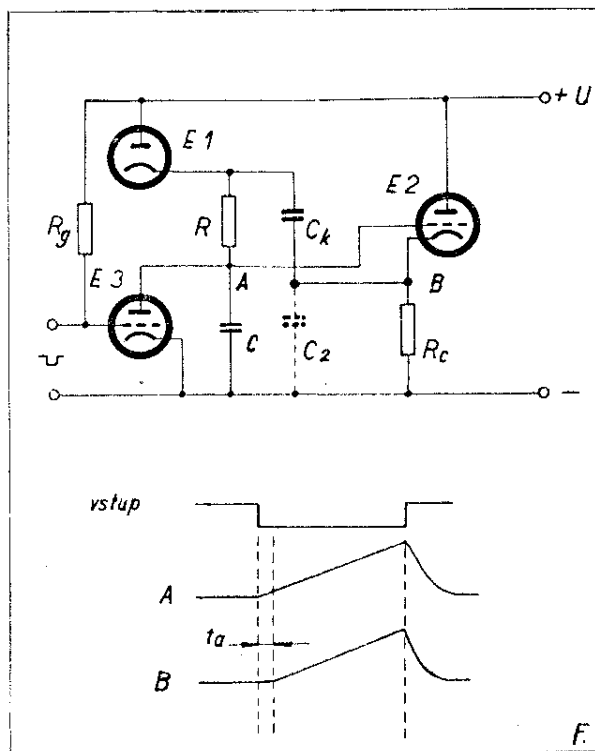
Pro velmi pomalé kmity je nutno volit velkou hodnotu C , takže vyhovuje spíše obvod na obr. 39b. Je možno volit malý C_k , protože není zařazen do nabíjecího obvodu kapacity C . V tomto případě však není možno dosáhnout tak velké výsledné amplitudy, jako u předešlého zapojení. Napětí na C nemůže překročit hodnotu U_2 , kterou je tedy nutno v případě potřeby volit poněkud vyšší, chceme-li větší amplitudu na C .

Zjišťování průběhu světelného proudu výbojek

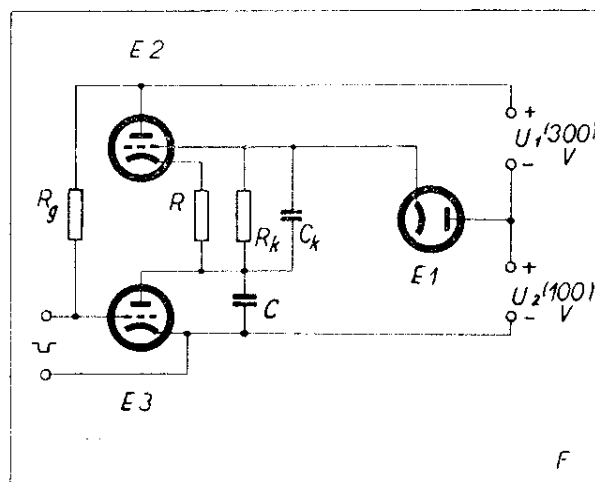
Při fotografování, ať již za denního světla či umělého osvětlení pomocí normálních žárovek, můžeme lehko stanovit expoziční dobu, odpovídající příslušné intenzitě záření. Ovšem zcela jinak je tomu při použití bleskovek. Zde je nejdelší možný osvit určen průběhem jak vlastního času hoření, tak i dohořívání příslušné bleskovky. Toto se vztahuje jak na použití otevřeného bleskového světla, tak především pro výboje s použitím X-doteků na novějších fotopřístrojích a s jistým omezením i pro výboje za použití M-doteků. Skutečný obraz o průběhu světelného toku blesku dostaneme jedině za použití osciloskopu, kterým získáme přesné, samostatné záznamy o využití světelné energie.

Pro zjišťování průběhu světelného toku bleskovek vyhovuje zapojení adaptoru na obr. 40, které platí i pro pozdější měření na elektronických blescích. V tomto případě však fotopřístroje nepoužijeme a necháme světlo bleskovky dopadnout přímo na fotocelu (t. j. ne- necháme procházet světlo fotopřístro-

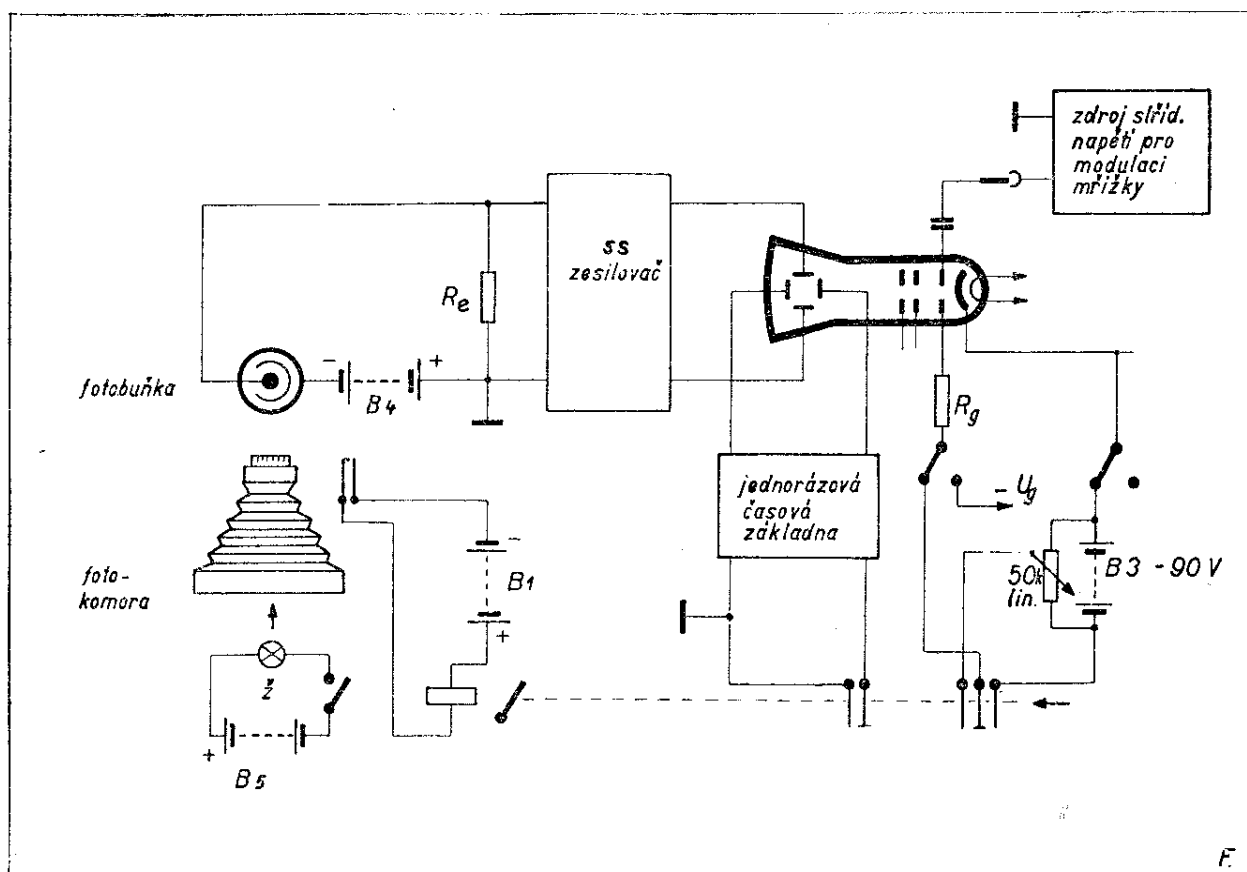
jem). Bleskovka je umístěna ve vzdálenosti asi 1 m. Současně je nutné seřadit zesilovač, aby nebyl přílišným signálem zahlcen. Adaptor seřídíme tak, aby elektronový paprsek probíhal samostatně ještě před vznikem blesku. Dále je pro toto měření nutný stejnosměrný zesilovač, který zesiluje napětí fotobuňky na hodnotu, odpovídající dosažené dílčí výchylce. (Příklad takového zesilovače je na obr. 41.) Tímto způsobem je zachycena časová křivka světelného toku



Obr. 39a.



Obr. 39b.



Obr. 40.

jedné z bleskovek. (Viz obr. 42.) Časová modulace oscilogramu má kmitočet 1000 Hz. Oscilogram zachycuje jenom odpovídající vlastnosti měřeného vzorku. Proto musíme při všeobecném posuzování počítat s eventuelní možností výrobní nepřesnosti, která se ukáže při porovnání s křivkou, publikovanou výrobním závodem. Tato je vlastně střední křivkou, sestavenou na základě mnoha měření.

Pro určení průběhu křivky je důležité zvláštní označení okamžiku, ve kterém byla bleskovka zažehnuta. Tento časový bod je v oscilogramu zaznamenán jako schod na počátku záznamu. Vznikl tím, že na mřížku vstupní elektronky přešla část zážehového napětí z baterie přes vysokoohmový odpor. Tím nastalo rozdělení napětí, odpovídající poměru předřadného odporu k mřížkovému odporu, které musí být tak zvoleno, aby posunutí záznamu ve svislém směru bylo pro vyhodnocení dosti znatelné. Odpočítáním bodů na křivce od tohoto

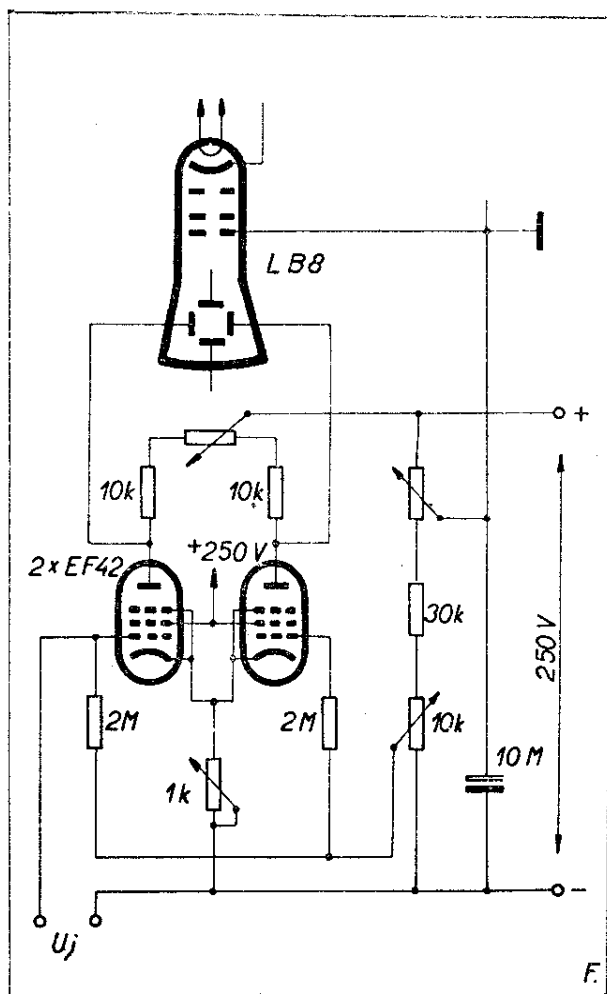
skoku obdržíme doby, které nás zajímají a sice: doba zážehu 14 ms, doba hoření $18\frac{1}{2}$ ms a svítící doba (největší intenzity záření) 9 ms. (Časová značka odpovídá kmitočtu 1000 Hz.)

Během měření nám nesmí přijít v žádném případě na obrazovku ani přímé, ani nepřímé záření bleskovky, které je příliš silné. Je proto záhodno mít osciloskop postaven tak, aby naň nemohlo v žádném případě dopadnout světlo bleskovky, což je zvláště důležité, snímáme-li jednotlivé oscilogramy fotograficky. Nejlépe je umístit osciloskop ve zvláštní místnosti.

Pro bezpečné stanovení průběhu hoření je důležitá přesná znalost žhavicího proudu, jakož i potřebná elektrická práce ve wattsekundách.

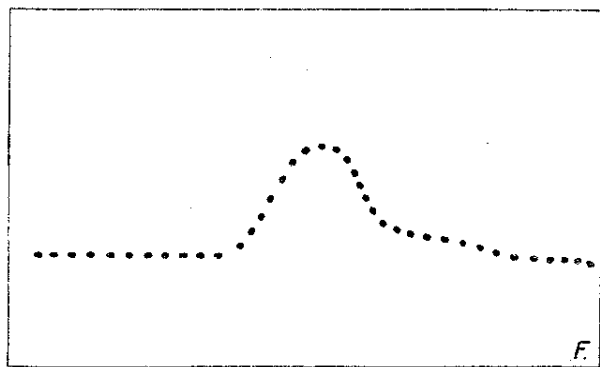
Průběh hoření nízkovoltových bleskovek

Pro zjištění, jak vypadá průběh hoření nízkovoltových bleskovek, užívaných



Obr. 41.

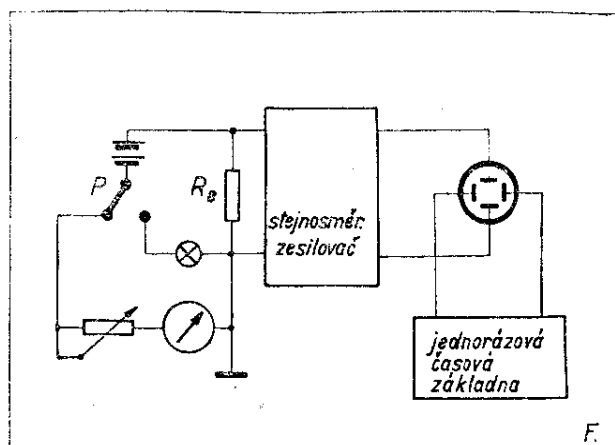
pro vakublesk, použijeme zapojení podle obr. 43. Energii, potřebnou pro zážeh, poskytuje baterie o napětí tří voltů nebo čtyřvoltový akumulátor. V proudovém okruhu vidíme zapojený odpor R_e , jehož hodnota se pohybuje kolem jednoho



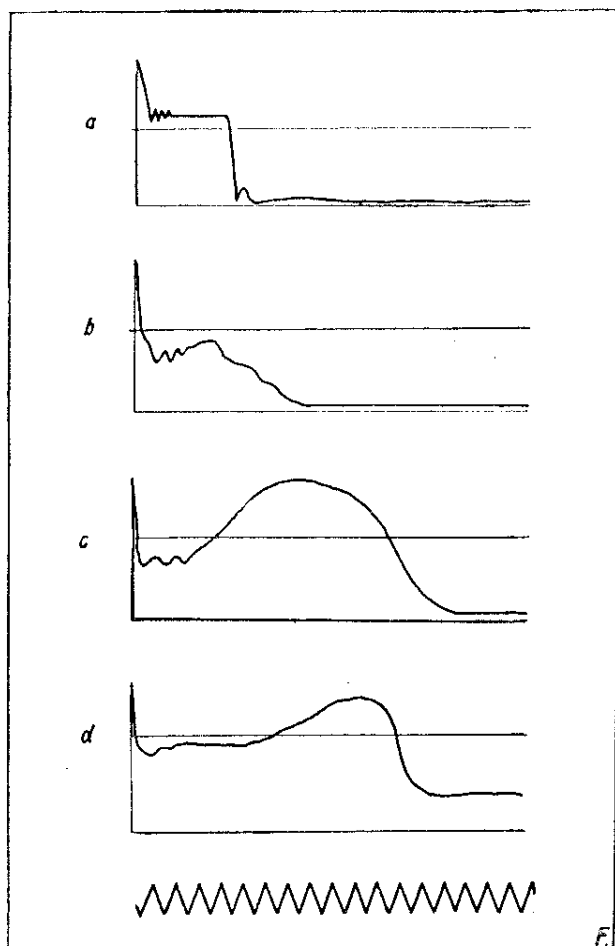
Obr. 42.

ohmu. Na něm vzniká úbytkem na spádu napětí, které slouží pro vychýlení paprsku ve svislém směru. Tento odpor též současně zvyšuje odpor zdroje, takže za použití akumulátoru se poměry zážehu stávají podobné, jako při použití suché baterie. Ve schématu se zároveň setkáváme s přepínačem P , který umožňuje přepínání z měřeného proudového okruhu s výbojkou na záznam klidového proudu. Do proudového okruhu je zařazen též ampérmetr s maximální výchylkou 500 mA, jímž měříme proud, který nastavujeme na 0,5 A reostatem R_v . (Používáme-li baterie, pak použijeme více článků spojených paralelně, aby toto poměrně velké proudové zatížení ji mnoho nevybílalo. I tak ji budeme zatěžovat pokud možno krátkodobě.) Klidový proud zaznamená osciloskop nulovou čarou, která se nalézá poněkud výše nad nulovou čarou vlastního záznamu hoření. Tím získáváme přehled o absolutní velikosti proudu, jehož je třeba k odpálení bleskovky.

Další obr. 44 ukazuje charakteristické oscilogramy hoření různých bleskovek. Též se zde setkáváme v každém záznamu s nulovou osou, odpovídající klidovému proudu 0,5 A. Každý záznam začíná na svém levém okraji ostrou špičkou, která vznikla vlivem vnitřního odporu bleskovky (kolem jednoho ohmu). V další fázi však proud rychle klesá a pak po určitém čase se pohybuje kolem hodnoty 0,5 A. Úplný pokles této křivky na spodní nulovou osu značí ukončení hoření. Průběh každé křivky je od-



Obr. 43.



Obr. 44.

vislý od použité bleskovky. Jelikož křivky vykazují příliš strmé části, není zvláště vhodné použít modulace světelné stopy, neboť v strmých částech by jednotlivé body byly příliš daleko od sebe a tak nedávaly dostatečně věrný oscilogram. Abychom však měli nějaké časové měřítko, promítáme si na stejně seřazenou základnu (t. j. při stejné poloze regulátoru časové základny) vlnovku o kmitočtu 200 Hz, kde jedna vlnka odpovídá 5 ms.

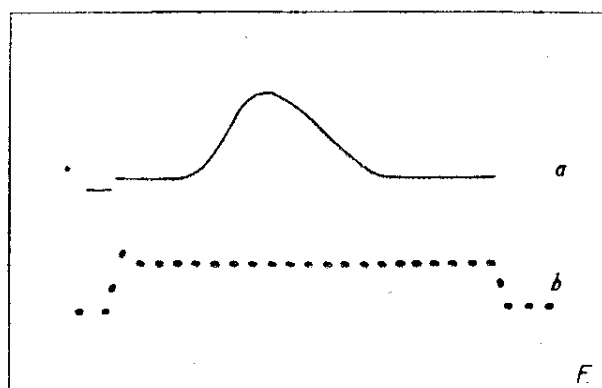
Tím je vysvětlen nejspodnější záznam v obr. 44. Podle této časové značky si můžeme zjistit, že doba hoření uvedených příkladů se pohybuje mezi 20 až 80 ms.

Tyto záznamy jsou však platné jen pro právě použité bleskovky, takže nelze z nich odvozovat všeobecný průběh hoření. Přesto však nám podávají dostatečný obraz o tom, jak hoření těchto nízkovoltových bleskovek probíhá.

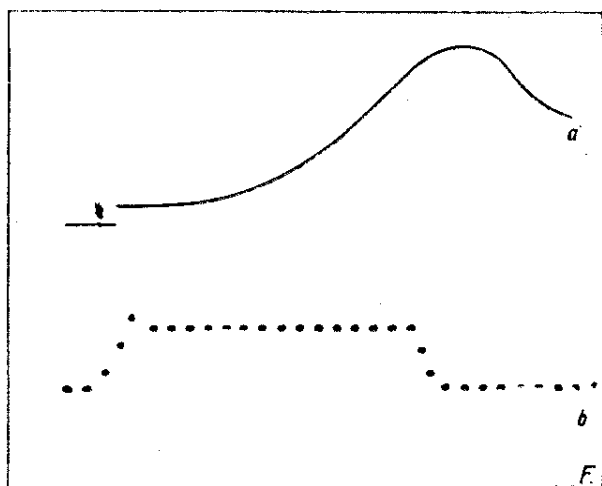
Zkoušení synchronisovaných uzávěrek fotopřístrojů

Pro zjištění vzájemné činnosti uzávěrky fotoaparátu a světelného výboje bleskovek při různých expozičních i osvětlovacích časech nám poslouží záznam, zhotovený pomocí osciloskopu. Tento záznam obdržíme jednoduše tak, že propojíme synchronní kontakty uzávěrky přes malou kapacitu na vstup zesilovače, který zesiluje napětí fotobuňky o nízkém napětí. Druhý vývod zdroje napětí připevníme na kostru fotopřístroje. Nastane-li sevření doteků, projeví se nám vlivem nabíjecího proudu kondensátoru na oscilogramu jako špička.

Na obr. 45 je zřetelně zachycen okamžik sevření X-doteku uzávěrky fotopřístroje. Objevuje se na začátku vrcholu příslušné časové křivky uzávěru ve tvaru zoubku, vychylujícího se směrem dolů. Oscilogram není vykreslen spojitou čarou, ale přerušovanou. Tato vzniká vlivem modulace světelné stopy kmitočtem 500 Hz. (Oscilogram odpovídá časové expozici $1/25$ vt.) Z oscilogramu je patrné, že kontakty se sepnou po úplném otevření uzávěrky. Oscilogramu otevření uzávěrky odpovídá i křivka průběhu výbojového proudu bleskovky, která je vyznačena v témže obrázku pod písmenem a. Schod, který se objevuje na začátku této křivky, vznikl opět v okamžiku sevření doteků zážehu. Vlastní průběh světelné křivky odpovídá časově expozičnímu průběhu uzávěrky. Střední doba otevření uzávěrky obsahuje 23 period z 500 Hz, což odpovídá 2×23 t. j. 46 ms. Doba zážehu bleskovky – 17 ms,



Obr. 45.

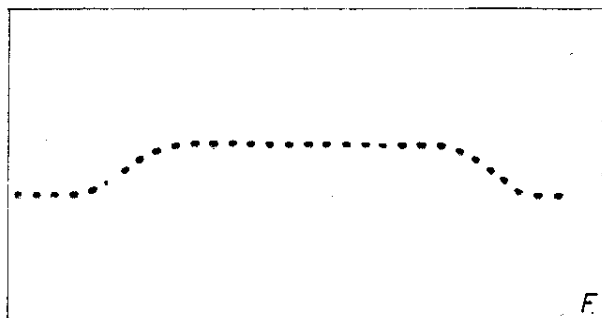


Obr. 46.

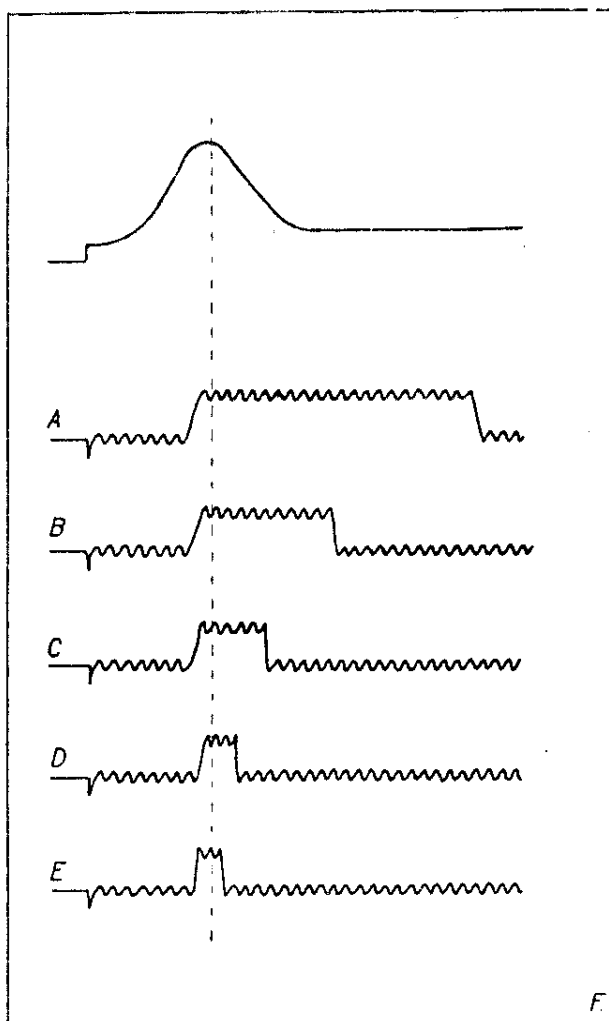
jakož i doba jejího plného záření – 19 ms leží tedy uprostřed expoziční doby uzávěrky, t. zn., že veškeré světlo vydané výbojkou bude využito k expozici. Odpovídá to tedy plně úkolu, který na synchronní doteky klademe.

Ovšem jinak je tomu v případě, použijeme-li jako časové expozice $1/50$ vt. K tomuto zjištění modulujeme stopu kmitočtem 1000 Hz. Příslušný oscilogram je na obr. 46. Zde můžeme ještě zřetelněji pozorovat vroubek, zaznamenávající okamžik sevření synchronních doteků po úplném otevření uzávěrky. Střední doba otevření trvá po 18 ms.

Těž si zde všimneme vzájemného průběhu časové křivky uzávěrky a křivky světelného záření bleskovky, příslušně zvětšených v časovém měřítku. Zápalná doba – 21 ms a čas plného záření – 15,5 ms jsou vystaveny časovému otevření uzávěrky po 19 ms. Protože bleskovka dosahuje plné světelné intensity teprve až v 21 ms po zapnutí, bude uzávěrka foto-



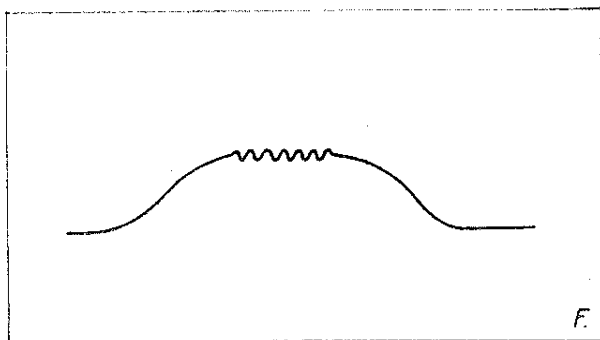
Obr. 47.



Obr. 48.

přístroje uzavírat ještě před dosažením tohoto časového bodu. Z toho vyplývá, že světelné energie bleskovky nemůže být využito ani z poloviny. Toto zjištění přináší poznatek, že při použití bleskovky jako světelného zdroje umělého osvětlení se žhavicí dobou 16 až 20 ms nesmí být nastavena menší expoziční doba než $1/25$ vt., chceme-li použít synchronních doteků. Výše uvedené oscilogramy tedy znázorňují vzájemnou závislost otevření uzávěrky a hoření bleskovek – tedy tak zvaného vakublesku. Poněkud jinak vypadá situace při snímání oscilogramů, kdy používáme jakožto světelného zdroje elektronického blesku.

Jelikož se dnes při umělém osvětlení používá hojně jako světelného zdroje elektronických blesků, je nutné poukázat na to, kdy lze používat dotekových uzávěrů při krátkých expozičních do-



Obr. 49.

bách. K osvětlení použijeme oscilogram, zhotovený za 1/500 vt. expoziční doby a časové značky 5000 Hz, t. j. 0,2 ms, viz obr. 47. Z tohoto záznamu můžeme vyčíst, že střední doba otevření uzávěrky je asi 4,0 ms, doba plného otevření asi 3 ms. Aby otevření a uzavření uzávěrky dalo dostatečnou jistotu expozice, musí doba plného záření bleskového přístroje obnášet pouze něco mezi 1/5 až 1/2 ms.

Další oscilogramy stykové schopnosti centrálního uzávěru fotopřístroje jsou zachyceny na obr. 48 a to za použití *M*-doteku a expoziční dobou a) 1/25, b) 1/50, c) 1/100, d) 1/250 a e) 1/500 vt. Zazubení křivky, značící okamžik sepnutí uzávěrky, je v uvedených obrázcích pod sebou v levém kraji a leží pouze 16 ms od počátku otevření uzávěrky fotopřístroje. Mimo počátek sevření synchronních doteků nás dále zajímá vlastní celková doba otevření uzávěrky. Její zjištění lze dosáhnout tím způsobem, že na vstup zesilovače zapojíme přes synchronní doteky místo stejnosměrného napětí střídavé o malé amplitudě a kmitočtu, jímž jsme v dřívějších měřeních modulovali mřížku. Tím se stane, že na oscilogramu uzávěrového času se objeví vlnovka, která označuje dobu trvání dotekového spojení. Podle ní můžeme opět stanovit dobu, odpovídající době expozice. Důležité je zde připomenout, že kontakt *M* se používá pro vakublesk a vodivě spíná značně dříve než se otevře uzávěrka přístroje. To se děje z toho důvodu, aby bleskovka měla dostatek času se rozhořet a otevření a tím i expozice nastala až při plném hoření. Jinak je tomu u *X*-kontaktu, který slouží pro odpálení elektronického blesku. Zde

musí nastat po zapnutí kontaktu téměř okamžitě otevření uzávěrky a tím i exponování, neboť výbojka se prakticky ihned vybíjí a nepotřebuje tak velký čas k rozhoření jako bleskovka vakublesku.

Odpovídající zvlnění, vzniklé střídavým napětím, zvyšujeme dokonce i při expoziční době 1/250 a 1/550 vt. V záznamu časové expozice 1/500 vt. není již toto zvlnění tak znatelné. Proto pro zjištění činnosti *X* kontaktů používáme záznamu, kde pracujeme se střídavým napětím o kmitočtu 5000 Hz, čili 0,2 ms. Jelikož je v tomto případě dotek spojen přesně 1 ms, zaručuje nám možnost použití i bleskového přístroje. Sepnutí vlastního doteku následuje asi v 0,6 ms po plném otevření uzávěrky. Oscilogram otevření uzávěrky a sepnutí *X*-kontaktu vidíme na dalším obr. 49. Vidíme, že zatím co u *M*-kontaktu byl nejprve zapnut vodivý kontakt a pak teprve otevřena uzávěrka, je tomu u *X*-kontaktu právě naopak. Na základě jednotlivých záznamů na předchozích obrázcích můžeme pro praktickou potřebu stanovit následující hodnoty pro příslušné expoziční doby:

a) 1/25 vt	f_z 500 Hz
b) 1/50 vt	f_z 1000 Hz
c) 1/100 vt	f_z 2000 Hz
d) 1/250 vt	f_z 2000 Hz
e) 1/500 vt	f_z 5000 Hz

Z uvedeného vyplývá, že po určitých zkušenostech lze dojít k mnohostranným závěrům o sepínání synchronních kontaktů.

Vlastnosti a příslušenství dobrého osciloskopu

Předpokladem pro přesná a spolehlivá měření, o kterých jsme v předešlé části našeho pojednání hovořili, je, aby náš osciloskop byl velmi pečlivě a svědomitě sestaven. Ale nejen to. Chceme-li dosáhnout všestranného uspokojení při práci s osciloskopem, je nutné, aby byl vybaven všemi potřebnými přístroji, které mu poskytnou a zaručí všechny požadované vlastnosti a jakost práce.

Jaké jsou tyto vlastnosti a čím posuzujeme jakost práce osciloskopu?

Od dobrého osciloskopu žádáme věrné zobrazení sledovaných charakteristik, to znamená, že nesmí zaznamenávat žádná skreslení ať již fázová či amplitudová. Od dokonalého osciloskopu žádáme, aby zaznamenával i takové hodnoty měřených veličin, kterých nemůžeme dosáhnout normálními měřicími přístroji, užívanými v běžné praxi. Jsou to tedy požadavky velmi náročné, které splní jen takový přístroj, který sám o sobě bude kvalitní. To ovšem neznamená, že by byly jen některé osciloskopy dobré. Každý osciloskop je totiž dobrý v té míře, pro jaké účely je používán a s použitím roste i náročnost a tudíž i požadavky. Ty pak mají právě prvořadý vliv na vlastní rozsah vybavení osciloskopu nezbytnými přístroji.

Pro amatérskou praxi bude vyhovovat takový osciloskop, který bude mít následující vybavení: Především dva zesilovače, jeden pro napájení svisle vychylujících destiček obrazovky, druhý pro napájení vodorovně vychylujících destiček a časovou základnu. Náročnější používatelé osciloskopu si pak pořídí zesilovač s větším zesílením a předzesilovač pro vysokofrekvenční měření. Pro obrazovku 7 cm stačí úplně zesilovač jednoduchý, kdežto při použití obrazovky 9 cm je samozřejmým požadavkem zesilovač alespoň dvoustupňový a v případě souměrných destiček obrazovky pochopitelně v protitaktu. Pro souměrné vychylovací destičky u obrazovek 7 cm lze užít i jednoduchého nesouměrného zesilovače, aniž bychom se obávali, že vznikne nějaké znatelné skreslení. Máme-li ovšem na vybranou, volíme raději obrazovku s nesouměrnými destičkami, neboť se tím zjednoduší nejen napájení, ale i vodorovné vychylování, jakož i časová základna. Proč, o tom si řekneme dále. Pochopitelně na jakost práce dobrého osciloskopu má vliv vedle zmíněných zesilovačů a obrazovky také napájecí zdroj. Z uvedeného vyplývá, že i poměrně malý a jednoduchý osciloskop se skládá z dosti složitých částí, o kterých bude nutné se zmínit trochu obšírněji jednak proto, abychom si objasnili jejich účel a význam a jednak také proto, abychom se seznámili blíže s principem jejich skladby.

Půjde tedy v této části o praktické poznání osciloskopu s trochu jiné stránky než tomu bylo v části předešlé, kde jsme se osciloskopem zabývali s hlediska praktického použití. Není totiž praxe bez teorie, které se při podrobném seznámení s osciloskopem, respektive s jeho jednotlivými částmi, při nejlepší vůli nevyhneme.

Napájení obrazovky

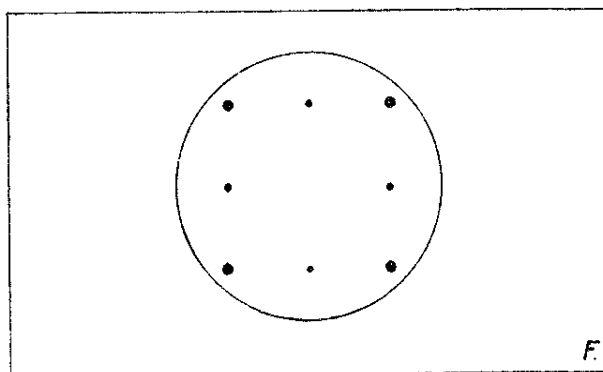
Při stavbě osciloskopu je dobře věnovat velkou péči volbě zdroje napětí obrazovky, protože má velký vliv na ostrost a svítivost světelného bodu. Pokles citlivosti obrazovky lze vždy vyvážit příslušným zvýšením citlivosti zesilovačů. Pro obrazovky 7 cm volíme jako zdroj napětí 500 až 700 V, pro obrazovky 9 cm 800 až 1000 V. Pro anodové napájení nám dává dostatečnou filtraci člen se dvěma kondensátory o kapacitě $0,5 \div 2 \mu\text{F}$.

O vlastnostech dobré obrazovky

Předpokládejme, že osciloskop je sestaven z dobrých součástek, a že je správně zapojen. V tom případě musí vykazovat obrazovka požadované vlastnosti, jestliže ji podrobíme následující zkoušce. Po zapnutí osciloskopu posečkáme asi minutu. Otočením potenciometru JAS nařídíme dostatečný anodový proud, při čemž potenciometr BOD necháme v levé krajní poloze a pozorujeme stínítko. Při správném nařízení všech napětí se osvětlí téměř celé stínítko rovnoměrně; někdy se objeví stín prvních i druhých destiček. Potenciometrem BOD pak otáčíme doprava tak dlouho, až se svítící plocha stáhne do bodu. Při dalším otáčení se objevuje ostře ohraničený terč s mírně roztřepeným okrajem. Pokusy provádíme rychle a neopakujeme je, abychom nepoškodili stínítko. Při krátkodobém zjištění nám však povědí hodně o jakosti obrazovky. Terč je totiž zvětšený obraz otvoru ve mřížce, takže můžeme jeho pomocí kontrolovat přesnost výroby obrazovky. Při zaostření se musí kroužek rovnoměrně zmenšovat, až přejde v ostrý bod a opět se rovnoměrně rozptýluje. Každá nepra-

videlnost, která se při tom objeví, znamená chybu obrazovky. U starších obrazovek to bývá obvyčejně vypálená část stínítka, která je při rovnoměrném osvětlení tmavší. U nových obrazovek se můžeme občas setkat s nevodivým stínítkem, eventuálně s nedostatečnou sekundární emisí stínítka. Projevuje se temnými ostře ohraničenými skvrnami zobrazení otvoru ve mřížce při větším proudu. Někdy neprobíhá zaostření kruhově, nýbrž rozostřený bod se přeměňuje ve tvar maltézského kříže. Této vadě říkáme astigmatismus; bývá však u obrazovek dosti vzácná. Uměle ji však můžeme vyvolat u každé obrazovky. Další vadou, kterou může mít někdy i nová obrazovka, je odpojení některé destičky. Tuto vadu zjistíme, spojíme-li všechny přívody k destičkám s anodou. Je-li některá z destiček v patici, nebo v baňce – což je ještě horší – odpojena, nabíjí se sekundárními elektrony, čímž odpuzuje paprsek. Na stínítku se nám to projevuje tím, že při zvyšování JASu se bod pohybuje, místo aby stál. Středění zdroje paprsku poznáme podle polohy bodu. U dobré obrazovky nemá stojící bod být dále než jednu dvacetinu průměru stínítka od středu, v nejkrajnějším případě jednu desetinu průměru.

Ještě jedna zkouška je nutná, než prohlásíme obrazovku za dobrou, alespoň staticky. Stejnoseměrným napětím přivedeným postupně na jednotlivé destičky i kombinací napájení jednotlivých destiček vychylujeme paprsek tak, aby se dostal na čtyři rohy vepsaného čtverce do stínítka, jakož i do středů jednotlivých stran tohoto čtverce. Zaostřením



Obr. 50.

musí opět vzniknout kulatý bod, i když ne vždy stejně ostrý. (Viz obr. 50.) Objeví-li se čárka, která směřuje od středu stínítka ven na všechny strany v místech jednotlivého měření, není anodové napětí dostatečně filtrováno. Jindy se opět stává, že se bod v některých krajních polohách objeví a v jiných naproti tomu se neobjeví. To je další vada obrazovky a lze ji opět jen částečně opravit, pokud možno, nejvyšším anodovým napětím.

V předchozím jsme se zmínili, že při volbě obrazovek 7 cm je lépe používat typu s nesouměrnými destičkami. Proto bude dobře říci si několik slov o souměrných a nesouměrných destičkách. V nejstarších obrazovkách jsou vychylovací destičky dva obdélníkové plíšky, položené souměrně tak, že paprsek jde středem mezi nimi: obě destičky jsou rovnoběžné. Uzemníme-li jednu z destiček a současně uzemníme hlavní anodu, přivádíme na druhou destičku napětí buď kladné, nebo záporné proti zemi. V okamžiku, kdy napětí obou destiček je nulové, prochází paprsek nerušeně středem mezi oběma destičkami a dopadá proto do středu stínítka obrazovky. Bude-li nyní živá destička třeba o 100 V kladnější než destička uzemněná, počne nám k sobě elektrony přitahovat. To způsobí, že se paprsek ohýbá a na stínítku vzniká výchylka, ne ovšem tak veliká, jakou by nám udával výpočet, protože elektrony při tom procházejí do prostoru s kladnějším potenciálem než jaký je na výstupu z druhé anody, což způsobuje jejich další zrychlování. Rychlé elektrony se tedy méně vychylují a letí tím rychleji, čím větší rozdíl napětí je mezi místem, kde právě jsou a odkud vyletěly. Čím vyšší je anodové napětí, tím menší je citlivost. V tomto případě působí napětí na vychylovací destičce částečně jako anodové. Při záporném napětí na destičce se elektrony přibrzdí a vychýlí se opět více, než by měly. Současně se mění i ostrost paprsku a vychyluje-li se paprsek při tom ve dvou směrech, nevzniká obdélník, nýbrž lichoběžník. Tomuto zjevu říkáme trapezoidální skreslení. Je to vada, kterou lze omezit zvýšením anodového napětí na krajní přístupnou mez. Zrušit se však

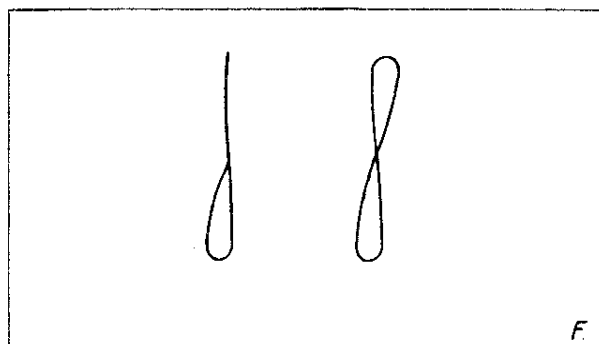
může jedině použitím souměrného (push-pullového) zesilovače, u kterého je elektrický střed destiček spojen s anodou a uzemněn, při čemž obě destičky dostávají stejně velké vychylovací napětí opačné polarity. Skreslení se zmenší, použijeme-li vyššího anodového napětí. Nyní namítnete, proč tedy doporučujeme použití obrazovky s nesouměrnými destičkami, když je odstranění trapezoidálního skreslení tak jednoduché. Především proto, že nesouměrná časová základna je mnohem jednodušší a levnější. Odpadá zde totiž v generátoru časové základny jedna elektronka s celým příslušenstvím. Proto se pro malý příruční osciloskop do průměru obrazovky 7 cm doporučuje použití nesouměrných destiček.

Filtrace anodového napětí

Dobrá práce osciloskopu je závislá na dobré filtraci anodového napětí. Proto je nutné si toto u našeho osciloskopu také ověřit. Potřebujeme k tomu dobře filtrovaný zdroj asi 200 V, který překleneme lineárním potenciometrem 0,2 až 1 megaohm, abychom měli možnost regulace a zdroj střídavého napětí asi 80 V se středním vývodem. Oba zdroje stačí stupňovitě regulovatelné.

Předpokládejme nejprve, že máme obrazovku s prvním párem destiček souměrným, s druhým nesouměrným. Jedna z druhého páru destiček je přímo spojena s anodou a uzemněna. Na druhou destičku přivádíme tak velké stejnosměrné napětí, aby vznikla výchylka asi jedné poloviny průměru stínítka od středu. Nyní přivedeme na svisle vychylující pár destiček střídavé napětí síťového kmitočtu tak velké, aby vznikla čára až ke kraji stínítka. Celková délka této čáry činí asi dvě třetiny průměru stínítka, t. zn., že krajní výchylka bodu od rovnovážné polohy je opět jedna třetina. Z velikosti těchto výchylek a z citlivosti destiček v mm/V můžeme pak snadno stanovit potřebné napětí pro vychýlení ze vztahu:

$$U = \frac{v}{N},$$



Obr. 51.

kde U je hledané napětí ve V,
 v je velikost vzniklé výchylky
 v mm na stínítku obrazovky,
 N je citlivost destiček v mm/V.

Má-li ovšem být obraz správný, musíme použít souměrného napětí; zde se osvědčuje lépe použití transformátoru bez potenciometrů, s primárem připojeným na regulační transformátor nebo na odbočky z jiného primáru. Protože vychylujeme souměrně (jednou destičkou paprsek odpuzujeme a druhou přitahujeme), potřebujeme pro rozdíl potenciálů destiček na jedné destičce poloviční napětí kladné a na druhé destičce poloviční napětí záporné. To znamená, že potřebné efektivní napětí je vlastně dvojnásobek napětí na destičkách.

Při tomto zapojení se musí ukázat na stínítku obrazovky rovná čára příslušné délky, kterou můžeme předem spočítat. Vznikne-li však na stínítku smyčka, jak ukazuje obr. 51, nebo podobný obrazec (tvar je závislý na fázovém rozdílu obou napětí), je filtrace anodového napětí nedostatečná a kondensátor je nutno zvětšit.

Pokud není osciloskop v tomto směru upraven, nemá smysl provádět s ním jakákoli další měření. Každá část osciloskopu musí být totiž spolehlivá, má-li být spolehlivý celý přístroj a tedy i měření prováděná jeho pomocí.

Jsou-li oba páry destiček souměrné, musíme i vodorovně vychylující destičky napájet souměrným napětím. Usměrnovač, který použijeme za zdroj pro vodorovné vychylování, bude dodávat určité napětí, potřebné pro vychýlení paprsku do obou směrů od rovnovážné

polohy. Toto napětí vyvedeme dvěma stejnými odpory na umělý střed, který uzemníme a jeden konec přivádíme na jednu destičku a druhý na druhou destičku obrazovky. Dobře se zde osvědčí dvě doutnavky v serii s příslušným odporem pro stabilisaci, případně doutnavkový dělič stabilivolt.

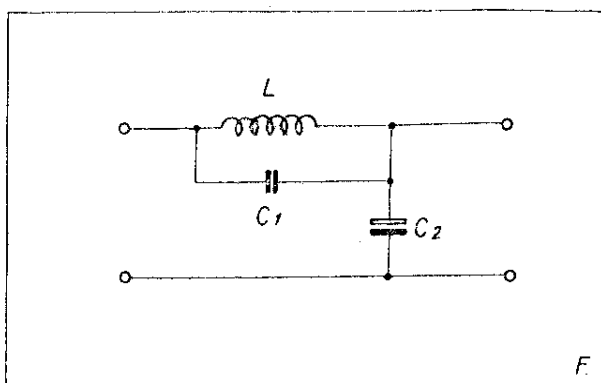
Některé osciloskopy bývají vybaveny filtračními členy provedenými jako laděné obvody. Využívá se zde rezonanční vlastnosti obvodu. Odpor tohoto obvodu je pro jistý rezonanční kmitočet maximální. Na obr. 52 je znázorněno schema zapojení rezonančního obvodu, který tvoří tlumivka L překlenutá kondensátorem $C1$. Jestliže takový obvod je vyladěn na př. pro 50 Hz nebo 100 Hz, nastává pro tento kmitočet největší útlum, čímž obdržíme maximální filtraci. Nevýhodou tohoto laděného filtračního členu je, že se s proudovými změnami a kolísajícím odběrem mění vlivem magnetického stejnosměrného syčení i hodnota indukčnosti tlumivky L , takže filtr svou resonancí spadá mimo naladěný kmitočet. Z toho vyplývá, že se takový LC člen hodí jen pro napájecí zdroje spotřebičů se stálým odběrem a takovým spotřebičem většinou osciloskop je. Proto lze u osciloskopu tohoto filtračního členu použít.

Velikost svodových odporů

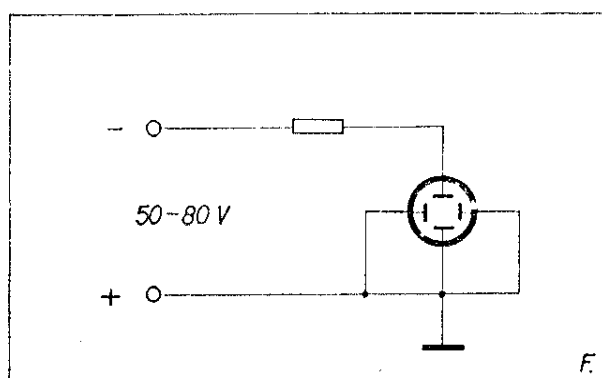
Aby osciloskop při měření zatěžoval co nejméně měřený obvod, mají být svodové odpory destiček co největší. Pro druhý pár destiček (který je blíže ke stínítku), používaný pro vodorovné vy-

chylování, má být tento odpor spíše menší.

Největší přístupnou hodnotou odporů pro danou obrazovku zjistíme tak, že paprsek vychýlíme kladným napětím na jedné destičce, která je připojena přes velký odpor R na zdroj stejnosměrného napětí, viz obr. 53. Velikost tohoto napětí má být taková, aby výchylka paprsku byla asi $1/3$ průměru stínítka. V druhém směru nevychylujeme a nejlépe je spojit všechny zbývající destičky nakrátko s hlavní anodou, resp. je uzemnit. Nyní řídíme jas postupně až do nejsilnějšího a pozorujeme při tom polohu bodu. Bod se přitom totiž pomalu vrací ke středu stínítka, obvykle až při velkém jasu. Pokus nesmí trvat dlouho, aby se stínítko nevypálilo. Vzniklá výchylka při největším prakticky používaném jasu nemá být větší jak 2 % poloměru stínítka. Proto zjišťujeme zkusmo jednotlivé velikosti odporů, až zjistíme ten, u kterého má chyba uvedenou hodnotu 2 % a tento odpor pak použijeme na trvalo. U malých obrazovek není radno jít u druhého páru destiček přes 1 megaohm, při čemž u prvního páru lze použít 3 megaohmy. Je lépe spokojit se s menším jasnem při použití ochranných zástěn, kterými se omezuje vnější osvětlení stínítka, než dávat plný jas, a ničit tak stínítko včetně zavádění chyby zobrazení. Správně by mělo být zabráněno tomu, aby mřížka mohla mít nulový potenciál tím, že by se do řetězu potenciometrů vložil mezi kladný konec potenciometru JAS a katodu ještě malý pevný odpor, který by nedovolil plné rozsvícení bodu. Hod-



Obr. 52.



Obr. 53.

notu tohoto odporu zjistíme tak, že při pokusu s největším dovoleným odporem vložíme místo pevného odporu zkusmo potenciometr 0,1 megaohmu a potenciometr vytočíme naplno. Pak zmenšujeme vložený potenciometr tak dlouho, až dostaneme dostatečně svítící bod i za průměrného denního osvětlení. Chyba, vzniklá posuvem bodu je ještě malá. Změříme tuto hodnotu a vsadíme místo potenciometru pevný odpor. Tak jsme si zajistili, že i při nejsilnějším jasu se nebude stínítko obrazovky ničit a nebudou vznikat velké chyby.

Příčinou zmíněné výchylky jsou sekundární elektrony od stínítka, které jsou přitahovány nekladnější elektrodou v okolí, totiž kladně nabitou vychylovací destičkou a průtokem tohoto sekundárního proudu odporem v obvodu destičky vzniká spád napětí.

Zesilovače napětí

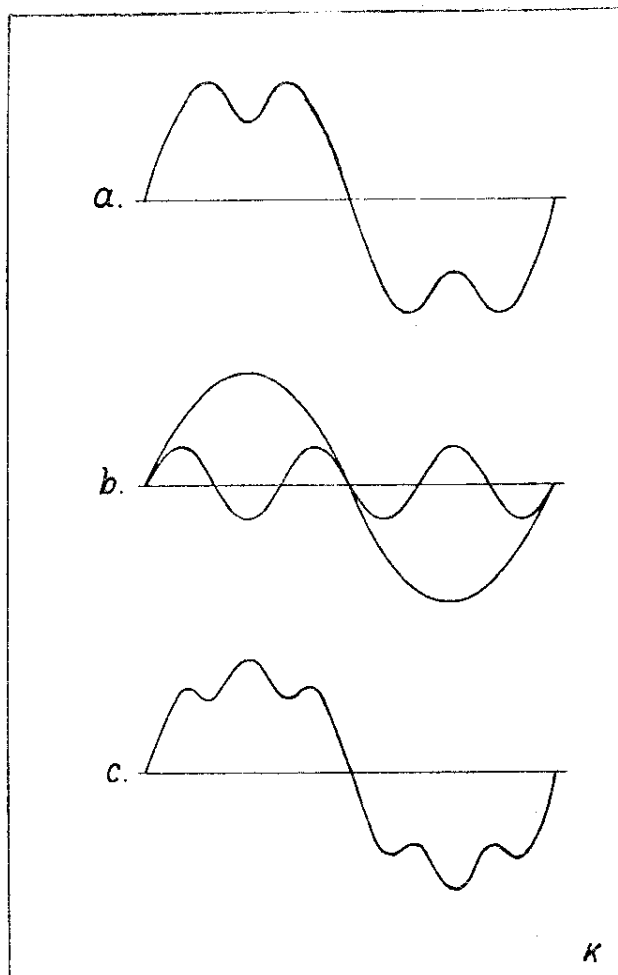
Vzhledem k tomu, že citlivost většiny obrazovek bývá asi 0,2 mm/V, je nutné zvětšit měřené napětí na takovou hodnotu, která by stačila pro dostatečné vychýlení paprsku na stínítku obrazovky. Toho lze dosáhnout jedině použitím zesilovačů. Velikost zesílení je dána tím, pro jaké účely osciloskopu použijeme.

Pro výzkum v oblasti zvukových kmitočtů se používají měřicí zesilovače o kmitočtovém rozsahu 5 Hz až 20 kHz. Aby bylo dosaženo zřetelného zachycení zkoumaného napětí vysokého kmitočtu v oboru zvukové techniky, je požadována horní kmitočtová hranice až 50 kHz. V oboru vysokofrekvenční techniky jsou na zesilovače kladeny požadavky s rozsahem kmitočtů 1 až 3 MHz a v oboru obrazové techniky dokonce až 10 MHz. Vlastní výzkum v oboru vysokofrekvenční techniky došel tak daleko, že normální osciloskop již nestačí zachytit horní hranici kmitočtů. Naproti tomu fyziologický výzkum, jakož i měření v mechanických laboratořích vyžadují od osciloskopu zachycení i těch nejnižších kmitočtových hodnot, čili kladou si požadavek na zesilovač zcela opačného charakteru. Za tím účelem byly již sestaveny zesilovače pro střídavé na-

pětí s dolní mezní hranicí kmitočtu 0,1 Hz. Některé mimořádné úkoly vyžadují dokonce zesilovače pro stejnosměrná napětí. Tyto zesilovače musí ovšem vyhovět jak možnosti zesílení stejnosměrného napětí, tak i možnosti zesílení kmitočtového rozsahu střídavého napětí. Proto jsou osciloskopy všeobecně vybaveny zesilovači o velkém kmitočtovém rozsahu.

Z uvedeného vyplývá, že vlastnosti zesilovačů musí být velmi dobré a s poměrně širokými možnostmi použití. Je od nich především žádáno velké zesílení v širokém kmitočtovém rozsahu, které by bylo prosté amplitudového a fázového skreslení s co největším napětím na výstupu zesilovače. Protože hodnoty zesílení jsou závislé na velikosti napětí, které chceme pozorovat, bude nutné použít až několikastupňového zesílení. Zesilovač musí být rovněž naprosto stálý a musí dosáhnout co největší výchylky na stínítku obrazovky. Mimo to je nutné, aby zesílení bylo říditelné podle potřeby, což znamená, aby prakticky bylo neskresleně přenášeno napětí od stejnosměrného do kmitočtů co nejvyšších. Tento požadavek se nevztahuje jen na zaznamenávání tvarů ojedinelé křivky, vzniklé průběhem jednoho napětí a skresleného vlivem amplitudy, ale především na výsledný tvar obrazu, způsobený průběhem několika napětí současně.

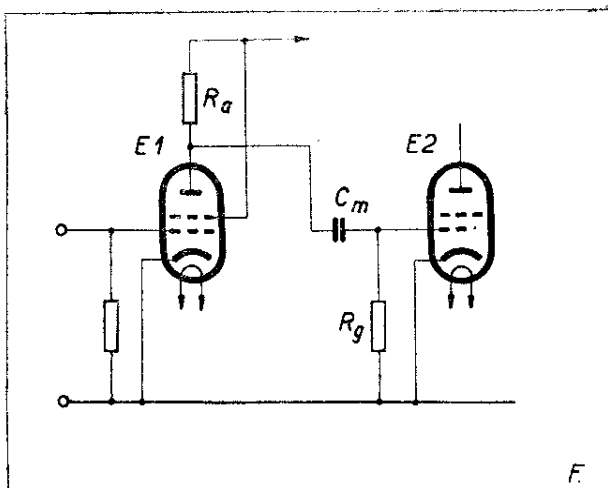
Z uvedeného vyplývá, že na jakosti zesilovače závisí i úspěch prováděných měření a že ne každým zesilovačem lze dosáhnout požadovaných výsledků. Naší snahou je přiblížit se tomuto požadavku ovšem co nejvíce a to lze dosáhnout několika způsoby. Přitom však musí být náš zesilovač tak jakostní, aby nepřenašel již dříve uvedená skreslení, z nichž u obrazového zesilovače je velmi důležité fázové skreslení, protože obrázek vykreslený na stínítku je závislý na tvaru přicházejícího signálu. Změnou fáze se totiž mění i tvar signálu a spolu s ním i obrázek vytvářený na stínítku obrazovky. Náznorný příklad fázového skreslení vidíme na obr. 54. První průběh a) je složen vlastně ze dvou průběhů, a to ze základní a třetí harmonické (obr. 54-b). Posunutím fáze, jež může na-



Obr. 54.

stat průchodem přes zesilovač, který nemá vyrovnaný fázový průběh, je každá složka tohoto signálu ovlivněna odlišným způsobem a výsledný tvar může dostat podobu, jak ukazuje průběh c). Tento tvar je samozřejmě odlišný od původního průběhu. Proto je třeba, aby zdvih fáze zesilovače byl prakticky lineární až do maximálních kmitočtů, které obsahuje obrazový signál. Obvyklý, odporově vázaný tónový zesilovač zdaleka tyto požadavky nesplňuje, protože jak průběh amplitudy, tak i fáze se rychle zhoršují nad 12 až 15 kHz a pod 100 až 50 Hz. Má-li zesilovač vyhovět, je tedy nutné nějakým způsobem vykompenzovat jak amplitudový, tak i fázový průběh. Takovou kompensaci lze provést několika způsobem.

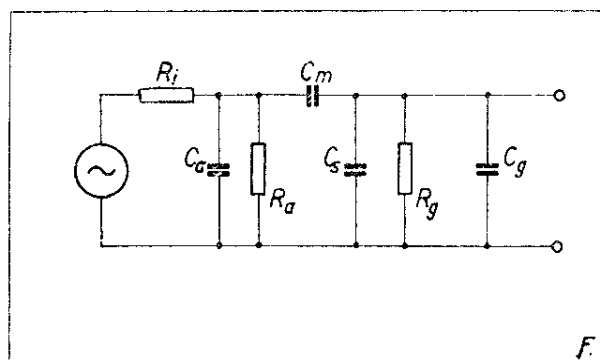
Na obr. 55 je běžné zapojení dvou odporově vázaných zesilovacích stupňů a jejich náhradní zapojení je na obr. 56.



Obr. 55.

Jejich porovnáním zjistíme, že v náhradním zapojení se objevily tři kapacity C_a , C_s a C_g , které v prvním zapojení nejsou. Nejsou tam z toho důvodu, protože tam nejsou použity jako součástky, t. j. jako kondensátory. Jsou tam ovšem v jiné formě, a to C_a jako výstupní kapacita elektronky $E1$, C_s jako kapacita spojující mezi anodou první a mřížkou druhé elektronky a C_g jako vstupní kapacita elektronky $E2$. Všechny tyto kapacity jsou vlastně paralelně k odporu R_a elektronky $E1$. Výsledná kapacita, kterou tyto kapacity tvoří, a kterou si označíme C_m , není při účelném zapojování příliš velká. Její vliv se však uplatňuje právě na vyšších kmitočtech. Tvoří spolu s pracovním odporem R_a impedanci, jejíž velikost s rostoucím kmitočtem klesá. Tím ovšem klesá i zisk stupně, a to ve stejném poměru s poklesem impedance, neboť je dán vztahem:

$$A = S \cdot Z_a,$$



Obr. 56.

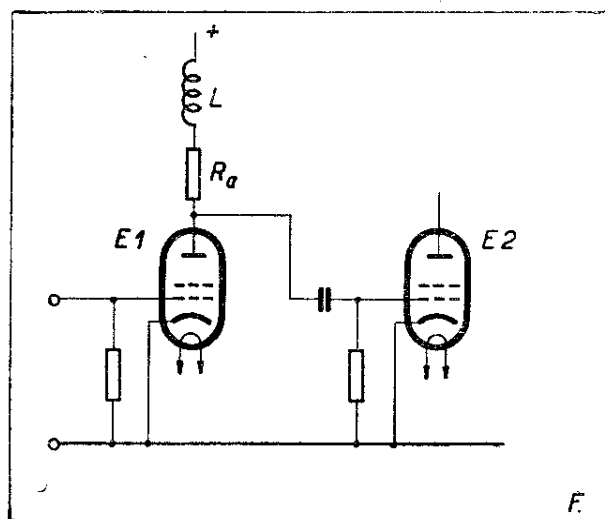
kde S je strmost elektronky $E1$ v A/V a Z_a je velikost impedance v anodě elektronky v ohmech. Tento vzorec je ovšem přibližný. Platí však s dostatečnou měrou pro případy, kdy impedance je mnohem menší než vnitřní odpor elektronky, což je u širokopásmových zesilovačů běžné.

Pokles zisku začne být patrný na kmitočtu, při kterém reaktance kapacity C_m má stejnou hodnotu jako odpor R_a , t. j., že

$$\frac{1}{2 \pi \cdot f_0 \cdot C} = R_a.$$

Impedance v anodě elektronky v tomto případě poklesne na 0,707 hodnoty R_a a ve stejném poměru klesne tedy i zisk. Kmitočet, pro který tato podmínka platí, si označíme f_0 a budeme jej považovat za horní hranici přenášeného pásma.

Vidíme tedy, že pro posunutí této hranice směrem k vyššímu kmitočtu budeme snižovat hodnotu pracovního odporu. Zmenšováním tohoto odporu bude však klesat i zisk stupně, až přijdeme k hranici, kdy $S \cdot R_a$ se bude rovnat jedné, t. j., že i zisk elektronky je jedna. Záleží nyní na použité elektronce, především však na její strmosti, při jakém kmitočtu tato hranice leží. Proto je velmi nutné věnovat s tohoto hlediska velkou péči výběru elektronky, neboť některé elektronky mohou dát při stejné velikosti pracovního odporu až čtyřikrát větší zisk než elektronky druhé. To prakticky

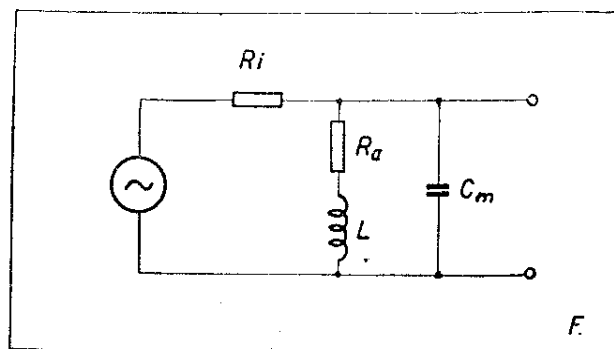


Obr. 57.

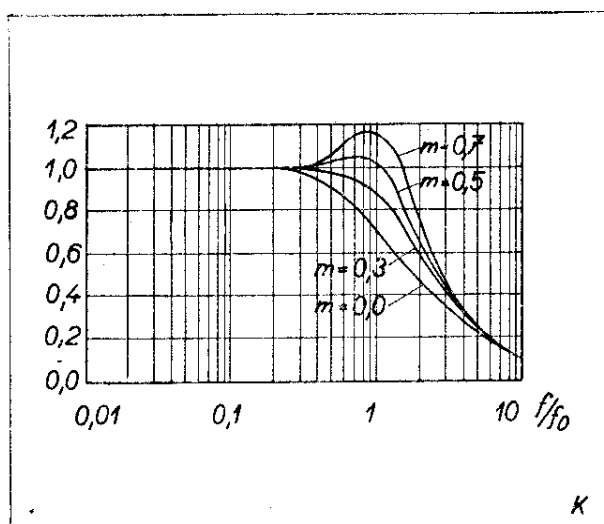
znamená, že pro stejný zisk lze u jedné elektronky ve srovnání s druhou použít čtyřikrát menšího pracovního odporu a tak zesilovat čtyřikrát širší pásma. Z toho jasně vyplývá, jakou výhodu poskytují strmé elektronky při zesilování širokých kmitočtových pásem a proč jsou pro tyto účely používány. Ovšem používají se pouze strmé pentody, speciálně pro tyto účely vyráběné, jejichž kapacity musí být minimální.

Rozsah zesilovače směrem k vyšším kmitočtům je možno několika způsoby značně rozšířit, aniž bychom snižovali zisk. Nejběžněji se používá z těchto způsobů několika druhů zapojení, které rozšiřují pásmo pomocí kompenzačních indukčností různě zapojených v anodovém obvodu zesilovací elektronky. Z nich nejjednodušší a nejčastěji užívané je zapojení s jednou kompenzační tlumivkou, zapojenou do serie s pracovním odporem elektronky. Příslušné zapojení je na obr. 57, kterému přísluší náhradní zapojení, obr. 58. Indukčnost L spolu s kapacitou C tvoří rezonanční obvod utlumený odporem R_a . Vhodnou volbou velikosti reaktance indukčnosti L na horním kmitočtu f_0 lze dosáhnout konstantní impedance v anodě elektronky a tím také zisk stupně do mnohem vyšších kmitočtů, než když se použije pouze odporu R_a . Provádí se to tím způsobem, že se volí velikost reaktance kompenzační indukčnosti k velikosti pracovního odporu R_a v určitém poměru, nebo k reaktanci celkové výsledné kapacity C_m na horním kmitočtu f_0 . Označíme-li tento poměr m , můžeme jej vyčíslit z následujícího vztahu:

$$m = \frac{2 \pi \cdot f_0 \cdot L}{R_a} \quad [\text{Hz}, \text{H}, \Omega]$$



Obr. 58.

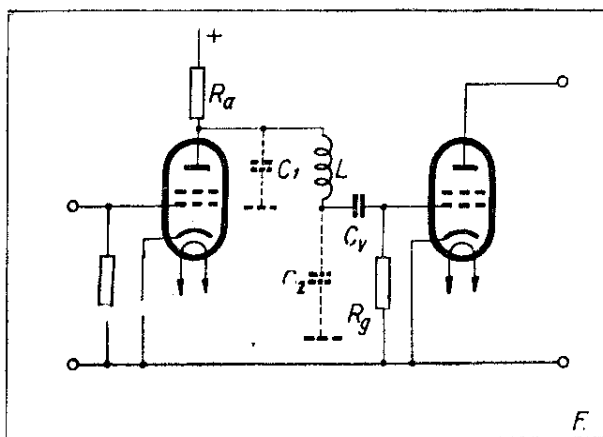


Obr. 59.

Zjednodušením tohoto vztahu a vhodnou jeho úpravou dostaneme pro výpočet kompenzační indukčnosti následující vztah:

$$L = m \cdot C_m \cdot R_a^2.$$

Průběh kmitočtových charakteristik kompenzovaného stupně pro různý poměr m a tím i pro různé velikosti kompenzační indukčnosti je znázorněn na obr. 59. Křivky jsou vyneseny pro různé kmitočty v závislosti na horním kmitočtu f_0 , tedy v f/f_0 . Z křivek můžeme pozorovat, že nejvhodnější průběh, pokud jde o zisk, je mezi křivkami poměru m 0,3 a 0,5, tedy něco kolem 0,4. Z křivek můžeme dále zjistit, že příslušná křivka pro poměr $m = 0$ je pro odporovou vazbu bez kompenzace.



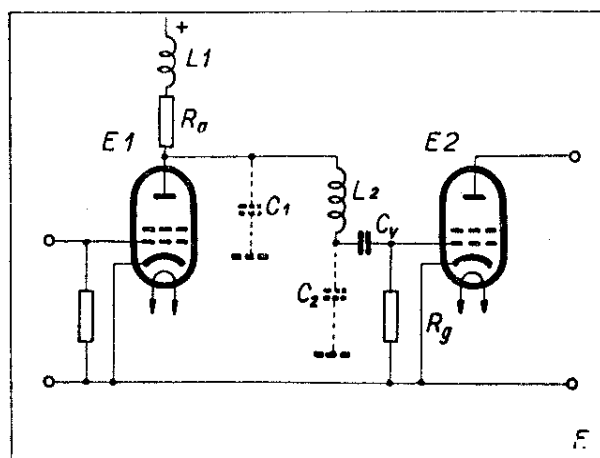
Obr. 60.

Kompensace, kterou jsme se až dosud zabývali, se nazývá paralelní. Není však jediným způsobem kompenzace pomocí tlumivek. Tato kompenzace může být provedena zapojením tlumivek v sérii, viz obr. 60, které se říká kompenzace seriová. I zde je možné použít pro stejnou šíři pásma jako u kompenzace paralelní jeden a půlkrát většího pracovního odporu, takže zesilovací stupeň bude tedy mít jeden a půlkrát větší zisk.

Možnost většího zisku je zde dána tím, že seriovou indukčností je dělena celková kapacita C_m na dvě části, a to $C1$ a $C2$, při čemž vliv kapacity $C2$ na šíři pásma zesilovače je zmenšen právě touto seriovou indukčností. Tato kompenzace však dává výhodný průběh kmitočtové charakteristiky pouze v tom případě, je-li poměr kapacit $C2/C1$ roven 2.

Kombinací obou předcházejících kompenzací je t. zv. kompenzace serio-paralelní, která dává za stejných podmínek, t. j. za poměru kapacit $C2/C1$ rovného 2, zisk 1,8krát větší. (Zapojení viz obr. 61.) Existuje mnohem více podobných zapojení, která jsou v podstatě obměnou některé z uvedených tří základních principů kompenzace. Některé z nich se snaží obejít podmínku, platnou pro seriovou a serio-paralelní kompenzaci, pokud jde o přesný poměr členů $C1$ a $C2$. Jimi se však nebudeme zabývat.

Z požadavku na rozsah širě pásma zesilovačů pro osciloskop vyplývá též požadavek na rozšíření kmitočtového pásma směrem k nízkým kmitočtům.



Obr. 61.

Proto se budeme zabývat i tímto požadavkem na jakost zesilovačů pro široký rozsah kmitočtů. Nejprve se všimněme toho, co omezuje zisk zesilovače na nízkých kmitočtech. Pro objasnění toho, co má vliv na přenos nízkých kmitočtů, nám poslouží schema zapojení vazby dvou zesilovacích stupňů, které je na obr. 62. Především je to vazební kapacita C_v se svodem R_g následující elektronky E_2 , dále člen $R_k C_k$ v katodě a člen $R_{g2} C_{g2}$ ve stínící mřížce.

Dvojice uvedených hodnot $C_v R_g$ působí na nízkých kmitočtech jako dělič, na jehož výstupu napětí směrem k nízkým kmitočtům klesá vlivem vzrůstající reaktance vazebního kondensátoru C_v , která zde tvoří horní větev děliče. Výstupní napětí poklesne na 0,707 hodnoty na vstupu do děliče při kmitočtu, na kterém reaktance vazebního kondensátoru má stejnou hodnotu jako svodový odpor R_g a lze ji vypočíst ze vzorce:

$$\frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C_v} = R_g.$$

Současně nastává posunutí tohoto napětí o 45° proti původnímu. Kmitočet, při kterém tento pokles a posuv nastává, považujeme za dolní hranici pásma, přenášeného zesilovačem. Zvětšováním velikosti vazební kapacity C_v a svodu R_g lze posunout tuto hranici směrem k nízkým kmitočtům. Pokud jde o mřížkové svody, jsme omezeni nejvyšší hodnotou povolenou výrobcem a u vazební kapacity kondensátorů ohmickým svodem dielektrika i vlastními rozměry kondensátoru s ohledem na škodlivé rozptylové kapacity, stanovené na hodnoty asi 0,1 až $0,25 \mu F$.

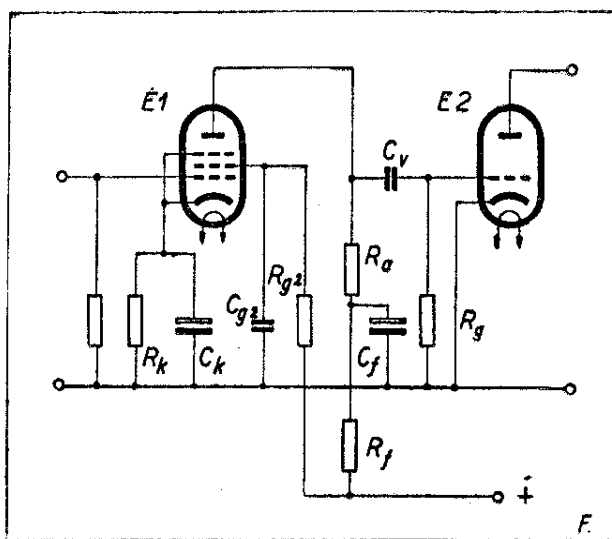
Další dvojice $R_k C_k$ v katodě snižuje zisk směrem k nízkým kmitočtům tím, že vzrůstem reaktance kapacity C_k zvětšuje se v katodě elektronky impedance a vzniká proudová negativní zpětná vazba. Tento vliv je sice možno dále popsaným způsobem vykompenzovat, ovšem dobrého výsledku se dosáhne jediné tenkrát, má-li kapacita C_k hodnotu od $100 \mu F$ výše. V tomto případě se použije uzemněné katody a svod řídicí mřížky se připojí na pevné předpětí. Kdyby nastalo snížení zisku, doporučuje se použít nezablkovaného katodového odporu.

Vliv stínící mřížky je při dostatečném zablkování běžnou hodnotou elektrolytického kondensátoru zanedbatelný.

Na nízkých kmitočtech má tedy nejpodstatnější vliv na ztrátu zisku vazební člen $R_g C_v$. Není to však ještě ztráta zisku, která se zde projevuje, použije-li se nejvyšší možné hodnoty členů R_g a C_v , ale je to především fázový posun s touto ztrátou úzce souvisící, jehož vliv je mnohem dříve patrnější, než se vůbec ještě projeví pokles amplitudy. Fázový posun 45° nastává totiž, jak bylo již řečeno, při poklesu amplitudy na 0,707 plné hodnoty. Z požadavků na více-
stupňový zesilovač vyplývá požadavek 2° fázového posunu na zesilovací stupeň při kmitočtu 50 Hz. Při dodržení hranic, omezujících velikost hodnot vazebních členů $R_g C_v$, je tento požadavek splnitelný pouze použitím kompenzace, provedené v zapojení podle obr. 62 odporem R_f a kapacitou C_f . Tato kompenzace pracuje tak, že impedance členů $R_f C_f$ vzrůstá s klesajícím kmitočtem a přičítá se k pracovnímu odporu R_a elektronky, čímž se nám zvyšuje zisk. Použijeme-li v tomto případě tak velkého odporu R_f , aby byl splněn požadavek, že

$$R_f^2 \gg \frac{1}{(2\pi \cdot f \cdot C_f)^2}$$

nastává vyrovnání fázového posuvu, způsobeného vazebními členy $R_g C_v$. Ovšem toto vyrovnání je možné za



Obr. 62.

předpokladu, že hodnota členů $RaCf$ bude stejná jako hodnota vazebních členů $RgCv$, t. j., že časové konstanty obou dvojic budou stejné. Pro vyrovnání fázového posuvu, způsobeného dvojicí členů $RkCk$ v katodě platí opět podmínka, že časová konstanta $RfCf$ bude rovná časové konstantě členu $RkCk$. Místo časové konstanty $RaCf$, jak je tomu v případě kompensace vazebních členů, uplatňuje se zde tedy časová konstanta členů $RfCf$. Z toho důvodu není tedy možné použít vyrovnání obou vlivů v jednom stupni.

Z uvedeného vyplývá, že zesilovač přenáší neskresleně a správně tím nižší kmitočty, čím větší má vazební kondensátory a svodové odpory na mřížce, případně na destičkách. Proto při stavbě resp. navrhování zesilovače pro osciloskop volíme odpory pro destičky 2 megaohmy, svodový odpor ve mřížce zesilovacích vysokofrekvenčních elektronek 3 megaohmy a pro koncové elektronky 1 megaohm. Jako vazební kondensátor použijeme takový, který má co nejlepší izolaci. Nejlépe se hodí kondensátory slídkové; nemáme-li je k dispozici, použijeme raději kondensátory keramické a jen v krajním případě papírové s co nejlepším dielektrikem, zkoušené střídavým napětím nejméně na 2500 V. Isolační odpor kondensátoru má být nejméně třikrát větší než svodový odpor ve mřížce následujícího stupně!

Při montáži zesilovače musí být kondensátory co nejdále od jiných součástí, naproti tomu jejich spoje mezi vstupní zdírkou a mřížkou elektronky, respektive mezi anodou zesilovací elektronky a vychylovací destičkou musí být co nejkratší. Proto se u elektronek s mřížkou nahoře doporučuje jejich vodorovná poloha. Vodorovně vychylující zesilovač má být vždy vlevo, svisle vychylující vpravo. Elektronku časové základny umístíme uprostřed obou zesilovačů pod obrazovku. Použijeme-li elektronek klíčových, kde jsou všechny elektrody na jedné straně, stavíme je svisle a spíše dozadu, aby žhavicí přívody nebyly příliš dlouhé. Tyto mohou být monto-

vány též vodorovně, ovšem v tom případě blízko objímky obrazovky; přívody a vstupní zdířky je pak lépe přeložit dozadu. Pokud můžeme na vazebním kondensátoru rozeznat zevní a vnitřní pól, připojujeme ho vnějším pólem na vstupní zdířku a vnitřním na mřížku, t. j. vnějším na anodu zesilovače a vnitřním na mřížku dalšího stupně, eventuálně na destičku obrazovky. Kapacita tohoto kondensátoru proti zemi má být co nejmenší. Proto není správné jej obalovat stínicí folií. Stínění v osciloskopu mezi jednotlivými stupni má být provedeno přepážkami. Podle možnosti se nemá v osciloskopu používat stíněných kabelů, protože podstatně zhoršují kmitočtovou charakteristiku zesilovače.

Rozsah zesilovacích kmitočtů lze poněkud rozšířit různými umělými zásahy. Nejvyšší hodnota přenášeného kmitočtu je závislá především na hodnotě anodového odporu a celkové kapacitě proti zemi, vedení od anody k vychylovací destičce, jakož i na kapacitě živých částí vstupního obvodu proti zemi. Proto je tedy velmi důležitou otázkou řešení vstupního přepínače. Nejvhodněji se osvědčuje vzdušnější stavba.

Na jiném místě jsme hovořili o volbě elektronek pro zesilovače. Ta je velmi důležitá, protože na ní závisí jak zesílení, tak i rozsah přenášených kmitočtů, nemluvě ani o skreslení. Počítáme-li, že celková kapacita všech živých částí bude proti zemi nejvýše asi 50 pF, smí být pracovní anodový odpor nejvýše 30 kiloohmů pro nejvyšší, dokonale a neskresleně přenášený kmitočet 10 kHz. Počítá-li se nám tuto kapacitu snížit na 30 pF, mohl by být tento odpor 50 kiloohmů. Z toho vyplývá, že zesílení jakékoli pentody je vlastně závislé na součinu ze strmosti a pracovního odporu, který určí i volbu použití elektronky. Pro svou velkou strmost se zde uplatňují televizní pentody, které dávají velmi značné zesílení. Ovšem jejich anodový proud je kolem 10 mA a spotřeba napětí na anodovém pracovním odporu je značná.

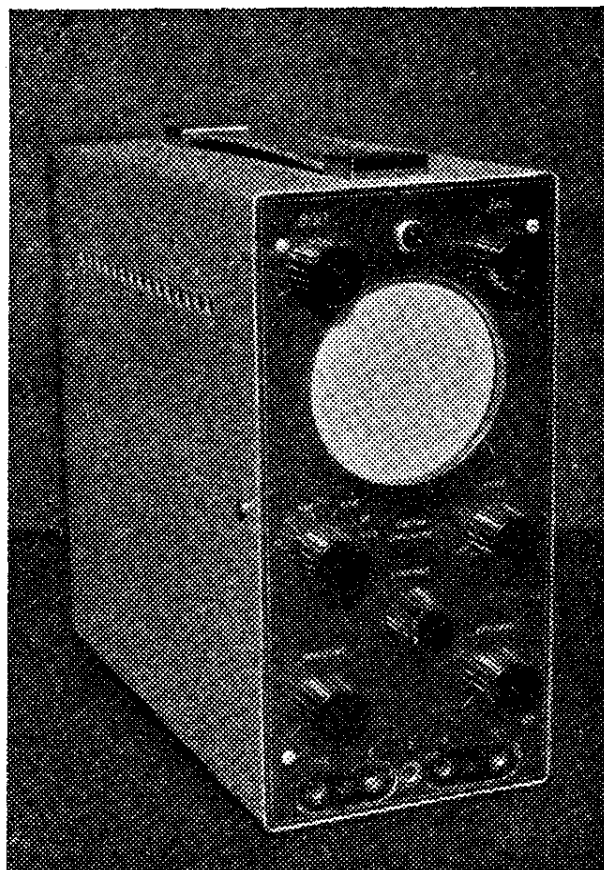
JEDNODUCHÝ OSCILOSKOP

J. T. Hyan

Nakonec uvedeme popis malého osciloskopu, který přes svou jednoduchost plní dobře své poslání a lze jím provádět dále uvedená měření s dostatečnou přesností.

Vzorem tohoto osciloskopu byl zahraniční přístroj Philips GM 5655, který je osazen třemi elektronkami typu ECH21 (mimo usměrňovačky a obrazovky). Nicméně bylo zapojení vyvinuto samostatně, stejně tak i detaily mechanické konstrukce. S příchodem strmých elektronek, jako jsou 6F36, 6L43, EF42 a pod., bylo upuštěno od prvních dvou ECH21 a byly nahrazeny těmito novými, strmými elektronkami.

Zapojení přístroje vidíme na str. II. obálky. Ze společného síťového transformátoru je napájena jednak obrazovka, jednak zesilovače a zdroj pilovitého napětí pro časovou základnu. K usměrnění vysokého napětí pro obrazovku používáme t. zv. „tužkový“ selen typu E 053/50. Vysoké napětí získáváme ze síťového transformátoru, který, ač byl původně určen pro dvoucestné usměrnění (2×250 V), zapojujeme tak, že obě poloviny vinutí jsou zapojeny v sérii, takže usměrnění je pouze jednocestné, za to však máme k dispozici napětí 1×500 V, a ze střední odbočky 1×250 V. Usměrněné stejnosměrné napětí je pak asi o 40 % větší. Hlavní zátěž tohoto zdroje vysokého napětí tvoří dělič, složený z několika odporů a potenciometrů, z nichž odebíráme napětí pro zaostřování paprsku a k řízení jasu. Napětí pro řízení jasu je ještě filtrováno odporem $0,5$ M Ω a kondensátorem $0,5$ μ F. Toto zapojení způsobuje jisté časové zpoždění mezi manipulací s potenciometrem pro jas a rozsvícením nebo zhasnutím stopy. Aby napětí na elektrolytických kondensátorech nebezpečně nestouplo, dokud není usměrňovač zatížen odběrem elektroněk před jejich nažhavením, používáme zásadně usměrňovačky s nepřímo žhavenou katodou, jejíž nažhavení trvá asi stejně tak dlouho jako žhavení elektroněk zesilovačů. V našem pří-



Popisovaný osciloskop byl odměněn na III. celostátní výstavě radioamatérských prací cenami ministerstva spoji a ministerstva strojírenství.

padě jsme použili miniaturní usměrňovačky typu 6Z31, jejíž obě anody jsou spojeny paralelně.

Dalším příslušenstvím osciloskopu jsou dva nesymetrické zesilovače, horizontální a vertikální. Oba jsou shodné a může jich být použito též samostatně. Vazební kondensátory mají kapacitu $0,2$ μ F, což je hodnota dostačující, přesto však při nízkých kmitočtech nastává fázové pootočení rovné 2° . Proto též v přívodu pilovitého napětí na horizontální zesilovač je použito opravného obvodu, který deformuje pilovité napětí opačným směrem a uvedenou závadu přibližně opravuje. Tento obvod je složen z odporu o hodnotě $0,2$ M Ω a kon-

densátoru $0,1 \mu\text{F}$, zapojených v serii.

Zdroj pilovitého napětí tvoří známý rázující (blocking) oscilátor, osazený elektronkou ECH21; dodává však poměrně nízké napětí, které musíme dále zesilovat, čímž do jisté míry ovlivňujeme průběh pily, hlavně na vyšších kmitočtech. Proto je časová základna upravena pouze do 15 kHz, ačkoli spolehlivě kmitá i při kmitočtu desetkrát vyšším.

Synchronisaci vnější či vnitřní přivádíme na mřížku triody sdružené elektronky, která je uzavřena velkým záporným předpětím, takže jí neprotéká prakticky žádný anodový proud. Teprve přivedeme-li na její mřížku dostatečně veliký kladný impuls, vyvolá pokles napětí na společných anodách triody a hexody vzestup napětí na mřížce rázujícího oscilátoru a tím začne lineární vybíjení právě zapnutého kondensátoru časové základny. Vzniklé pilovité napětí přivádíme na vstup horizontálního zesilovače; velikost tohoto napětí můžeme nastavit vstupním lineárním potenciometrem, aby pila měla na stínítku vhodnou šířku. Kmitočet časové základny řídíme po stupních 1 : 3 : 10 : 30 atd. přepínáním kapacit mezi mřížkou a zemí, jemně pak v udaném rozmezí změnou nabíjecího odporu $1 \text{ M}\Omega$. Vytočením tohoto potenciometru doleva vypínáme vypínačem přívod pilovitého napětí a tak můžeme použít horizontálního zesilovače samostatně. Na vstupy zesilovačů

můžeme přivést napětí 50 V, přes dělič 1 : 10 krátkodobě až 300 V. Jde spíše o bezpečnost odporů proti napětí než proti zatížení proudem. Poměrně malý vstupní odpor je vynucen ohledem na přenos vyšších kmitočtů.

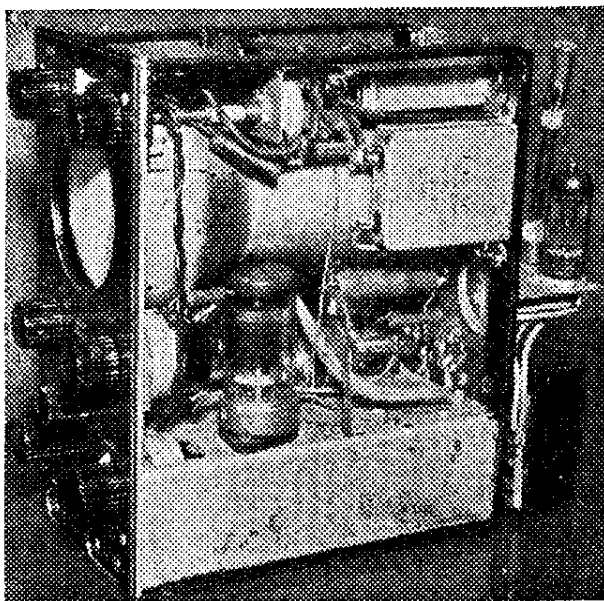
Abychom mohli přivádět signály o větším napětí přímo na destičky, jsou tyto vyvedeny přes rozpojovací zdířky na zadní straně osciloskopu. Zasunutím banánku do zdířky se odpojí samočinně přívod od koncového stupně zesilovače. Podobně je vyvedena i mřížka obrazovky, na niž podle potřeby přivádíme modulační napětí. Konečně je podobná zdířka i na mřížce synchronující triody a dovoluje zavést synchronisaci z vnějšího zdroje. Zasunutím prázdného banánku nebo vytočením potenciometru na uzemněný konec synchronisaci vypínáme. Přívody pro vnitřní synchronisaci provedeme pokud možno nejkratší a eventuálně stíněné, aby i při vypnuté synchronisaci na vyšších kmitočtech nenastalo strhávání, dané vazbou mezi přívody.

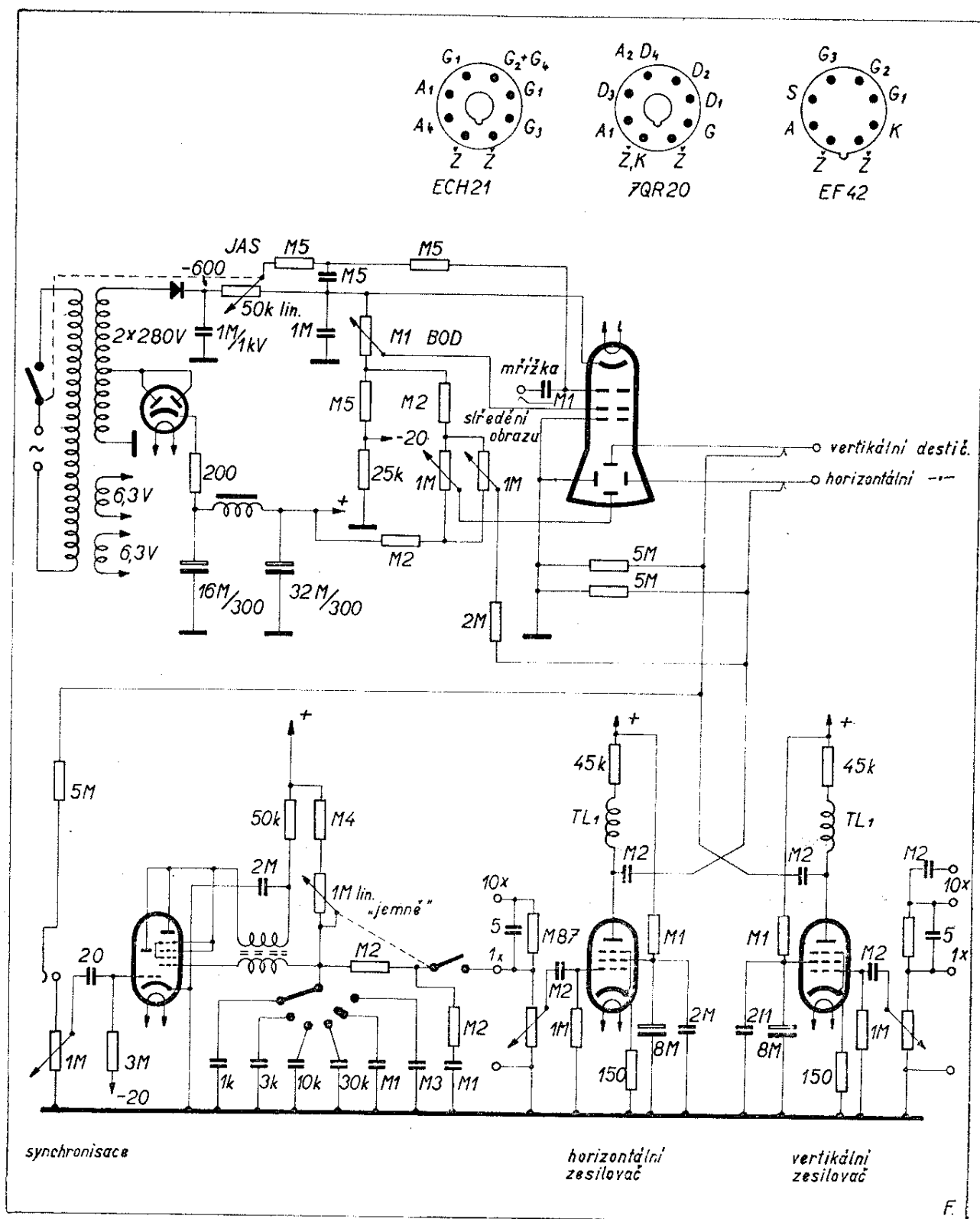
Jako obrazové elektronky bylo použito typu 7QR20, která je umístěna do ocelového krytu proti působení magnetického pole. Tento ocelový kryt je výprodejním materiálem a byl určen pro obrazovku LB8. Pro naši obrazovku se výborně hodí, pouze jsme nuceni vymontovat z něho objímku a vestavět objímku klíčovou, což však nečiní zvláštních potíží. Časová základna je osazena elektronkou ECH21, oba zesilovače elektronkami EF42.

Síťový transformátor je navinut na jádru M85, jehož $q = 9,0 \text{ cm}^2$. Počet závitů a ostatní hodnoty jsou udány v následující tabulce:

M 85	V	A	\varnothing	W	z
I.	120	0,4	0,45	48	600
	220	0,26	0,37	26	500
II.	280	0,1	0,25	28	1540
	280	0,01	0,1	2,8	1540
	6,3	2,7	1,4	17	33
	6,3	0,6	0,6	3,8	33

Též je možno použít již hotového transformátoru a tak se vyhnout poněkud





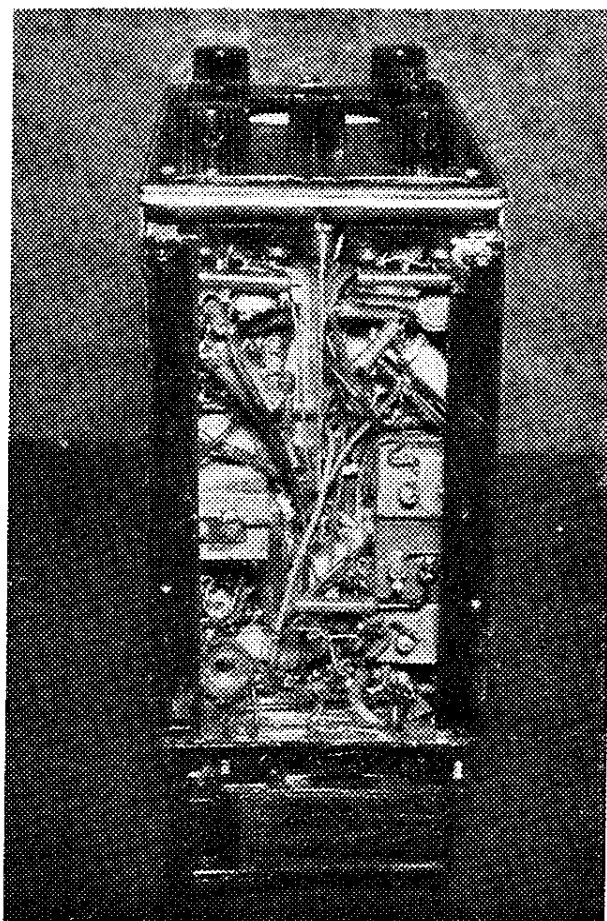
Zapojení osciloskopu. Vertikální a horizontální zesilovače (na obr. vpravo dole) jsou osazeny elektronkami EF42 (ekvivalent Tesla 6L43). V časové základně (vlevo dole) je použita elektronka ECH21. Síťová část je osazena elektronkou 6Z31, jejíž obě anody jsou spojeny paralelně. Neoznačený odpor ve vstupním děliči vertikálního zesilovače má hodnotu 900 kΩ, potenciometry v obou zesilovačích mají hodnotu 0,1 MΩ.

pracnému a zdlouhavému vinutí. Je však důležité, aby hotový transformátor neměl příliš velké sycení, t. j. magnetická indukce nevětší než 10 000 gaussů, aby rozptylové pole nebylo příliš silné.

Transformátor rázujícího oscilátoru má dvě stejné cívky o 160 závitů z drátu o \varnothing 0,2 mm smalt a hedvábí, navinuté křížově vedle sebe. Vzdálenost obou cívek činí asi 2 mm. Průměr kostry obnáší 10 mm, šíře cívek 4 mm. Ostatní součásti jsou běžné. Potenciometry však vybíráme pokud možno lineární. Na vazební kondensátory použijeme t. zv. „sicutropů“, které mají malý svod a minimální kapacitu proti zemi. Na blokovací kondensátory použijeme inkurantních výrobků „Bosch“ z metalisovaného papíru.

Konstrukce a stavba osciloskopu je dosti patrná z otištěných fotografií, není však tak dalece kritická, takže je možno zvolit i jinou úpravu. Rozměry hotového osciloskopu jsou $10 \times 20 \times 22$ cm. Celou konstrukci spojují dvě pásková železa, která jsou ohnuta do tvaru U. K nim se pak připíná přední duralový panel, nesoucí všechny ovládací členy, a dále zadní panel s konsolovitým výběžkem, který představuje úplně oddělenou síťovou část. Je zde totiž umístěn síťový transformátor, usměrňovací elektronka, dvojitý elektrolytický kondensátor, selen a ostatní drobné součásti. Tento zadní panel je připojen k páskovým železům dvěma šroubky M3 na každé straně. Síťová část nese na své vnitřní straně svorkovnici, z níž odebíráme žádaná napětí. Stínítko obrazové elektronky je umístěno v horní polovině předního panelu. K dolní polovině se pak přimyká vlastní kostra, která nese oba zesilovače a v zadní části generátor pilovitých kmitů.

Před zasunutím elektronek do objímek přezkoušíme po zapnutí nějakým měřicím přístrojem (nejlépe Avometem), zda všude jsou správná napětí. Potom zasuneme obrazovku a snažíme se najít na stínítku bod, který se dá potenciometrem „JAS“ rozsvěcet a zhasínat, a potenciometrem „BOD“ zaostřit. Kdyby se bod neukázal, má pradávněpodobně mřížka obrazovky příliš vysoké záporné napětí. Po zasunutí elektronek obou ze-



silovačů zkontrolujeme opět napětí na jejich anodách a stínicích mřížkách, která budou pochopitelně nižší než při předcházejícím měření a to vlivem úbytku na spádu, zvětšujícím se s procházejícím proudem. Dotykem prstu na příslušnou zdířku vertikálního a horizontálního zesilovače při nastaveném regulátoru naplno zjistíme, zda tyto pracují, což se projeví roztažením bodu na stínítku ve vodorovnou či svislou čáru. Otáčením příslušného regulátoru se pak svítící čára zkracuje nebo prodlužuje. Kdyby se při otáčení některého regulátoru ukázalo náhlé protažení stopy i když se nedotýkáme žádné zdířky, pak by to znamenalo, že zesilovač kmitá. Tyto nežádoucí oscilace bychom odstranili vhodnějším vedením spojů anoda-mřížka tak, aby na sebe nemohly působit. Bude-li zesilovač v pořádku, pak uvidíme na obrazovce stále bod v jednom místě uprostřed. Kdyby se však bod posunoval při vytočení regulátoru naplno k jedné straně, bylo by to dokladem toho, že vazební kondensátor

vykazuje nežádoucí svod a museli bychom jej vyměnit. Prolínajícím proudem se totiž mění napětí destičky a tím též poloha bodu. O vhodné volbě kondensátoru se tedy přesvědčíme tak, že po odpojení vertikálních nebo horizontálních destiček zůstává bod stále na jednom místě. Odpojení provedeme zasunutím prázdného banánku do příslušné rozpojovací zdířky. (Tímto způsobem také můžeme zkoušet svod různých kondensátorů.)

Po zapnutí časové základny vypínačem na potenciometru $1\text{ M}\Omega$ se rozšíří světelný bod ve vodorovnou úsečku, jejíž délku řídíme regulačním potenciometrem. Stopa musí být protažena na všech rozsazích časové základny po celém stínítku. Kdyby tomu tak nebylo, znamenalo by to, že oscilátor nepracuje v celém rozsahu. I délka stopy má být na všech rozsazích stejná, teprve směrem k vyšším kmitočtům se bude zkracovat, což znamená, že oscilátor dává již menší napětí a tím je i menší výchylka. Úsečka má být po celé své délce stejně jasná a silná, čímž dokazuje, že pilovitý průběh je lineární. O linearitě se však ještě lépe přesvědčíme zavedením sinusového napětí různého kmitočtu na vertikální zesilovač. Vzniklá sinusovka musí mít obě poloviny souměrné; v případě, že budeme pozorovat dvě nebo více křivek, pak délky všech vlnek musí být naprosto stejné. Mírná deformace se projeví na nejnižším kmitočtu, t. j. na rozsahu $15 \div 50\text{ Hz}$, kde se nelinearita již hůře opravuje. Při těchto prvních zkouškách hotového osciloskopu budeme pochopitelně používat vnější synchronisace, kte-

rá nám pozorované křivky dokonale zastaví. Synchronisaci však nesmíme „přetáhnout“, neboť jinak bychom dostali obrázek zdvojený a nepříjemně poskakující.

Aby pozorovaný obrázek „seděl“ opravdu na středu, jsou v přístroji vestavěny dva potenciometry $1\text{ M}\Omega$, kterými lze pozorovaný jev dokonale vystředit, t. zn. umístit na střed. S jejich pomocí se můžeme podívat i na kraje zobrazených křivek, používáme-li maximálního zvětšení, při kterém kraje obrázku vyběhnou za okraj stínítka.

Hotový osciloskop je chráněn a stíněn duralovou skříní z plechu silného 1 mm , která pro lepší vzhled je nastříkána matným šedivým lakem. V horní části je tato skříňka opatřena po obou stranách řadou otvorů, takže je zaručeno dobré větrání. V zadní stěně je několik dalších otvorů, které umožňují přístup k rozpojovacím zdírkám destiček a mřížky obrazovky, dále přístup k vystředovacím potenciometrům, zasahujícím k samému plechu jen osičkami opatřenými zářezy a konečně k přepínači síťového napětí a kolíkům pro přívod sítě. Jinak stavba sama neskrývá žádných záludností a je poměrně jednoduchá. Hotový osciloskop pracuje dobře; je však pochopitelné, že jej nemůžeme srovnávat se speciálními osciloskopy, osazenými mnoha elektronkami a pracujícími spolehlivě i na vysokých kmitočtech. Zato je však naše konstrukce levná a pro běžná měření a zkoušení plně vyhoví, byť by to byla i měření na televizních přijímačích.

RADIOVÝ KONSTRUKTÉR SVAZARMU, návody a plánky Amatérského radia. Vydává Svaz pro spolupráci s armádou v NAŠEM VOJSKU, vydavatelství, n. p., Praha, redakce Praha I, Národní tř. 25 (Metro). Telefon 23-30-27. Řídí František SMOLÍK s redakčním kruhem (Josef ČERNÝ, Vladimír DANCÍK, Antonín HÁLEK, Ing. Miroslav HAVLÍČEK, Karel KRBEC, Arnošt LAVANTE, Ing. Jan NAVRÁTIL, Václav NEDVĚD, Ing. Oto PETRÁČEK, Josef POHANKA, laureát státní ceny, Antonín RAMBOUSEK, Josef SEDLÁČEK, mistr radioamatérského sportu a nositel odznaku „Za obětavou práci“, Josef STEHLÍK, mistr radioamatérského sportu, Aleš SOUKUP, Vladislav SVOBODA, laureát státní ceny, Jan ŠÍMA, mistr radioamatérského sportu, Zdeněk ŠKODA, Ladislav ZÝKA). Administrace NAŠE VOJSKO, n. p., distribuce, Praha II, Vladislavova 26, telefon 22-12-46, 23-76-46. Vychází měsíčně, ročně vyjde 10 čísel. Cena jednotlivého čísla 3,50 Kčs, předplatné na půl roku 17,50 Kčs. Rozšiřuje Poštovní novinová služba. Objednávky přijímá každý poštovní úřad i doručovatel. Tiskne NAŠE VOJSKO, n. p., Praha. Otisk povolen jen s písemným svolením vydavatele. Příspěvky redakce vrací, jen byly-li vyžádány a byla-li přiložena frankovaná obálka se zpětnou adresou. Za původnost a veškerá práva ručí autoři příspěvků. Toto číslo vyšlo 10. listopadu 1956.